



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

**Estudio petrográfico de rocas intrusivas, superunidad
San Luis, localidades de Santa Rosa y El Molino, Sancos
- Lucanas, Ayacucho**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Juan Carlos LAZO HUARUCO

ASESOR

Dr. Jaime César MAYORGA ROJAS

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Lazo, J. (2019). *Estudio petrográfico de rocas intrusivas, superunidad San Luis, localidades de Santa Rosa y El Molino, Sancos - Lucanas, Ayacucho*. Tesis para optar el título de Ingeniero Geólogo. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América



Vicerrectorado de Investigación y Postgrado

Dirección General de biblioteca y Publicaciones

Dirección del Sistema de Bibliotecas y Biblioteca central

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código ORCID del Autor (dato opcional): -

Código ORCID del asesor o asesores: 0000 - 0001 – 8423 - 3343

DNI del autor: 46886518

Grupo de investigación: -

Institución que financia parcial o totalmente la investigación: Autofinanciado

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación. Debe incluir localidades y/o coordenadas geográficas:

Provincia de Lucanas, distrito de Sancos, departamento de Ayacucho, teniendo como referencia la coordenada central UTM - WGS84: 577361 E; 8302012 N.

Año o rango de años que la investigación abarcó: Julio 2017 – Julio 2019



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el día jueves 8 de agosto del año 2019, siendo las 18:00 horas, en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

DR. TOMAS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA

(Presidente de Jurado)

DR. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN

(Miembro de Jurado)

ING. PEDRO ANTONIO OLIVARES BALLENA

(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis del Bach. **JUAN CARLOS LAZO HUARUCO**, quien sustentará la Tesis titulada: **"ESTUDIO PETROGRÁFICO DE ROCAS INTRUSIVAS, SUPERUNIDAD SAN LUIS, LOCALIDADES DE SANTA ROSA Y EL MOLINO, SANCOS – LUCANAS, AYACUCHO"**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A SATISFACCIÓN DEL JURADO

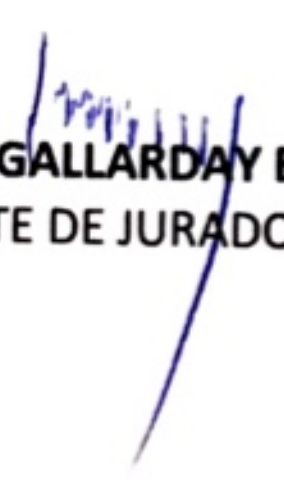
El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

APROBADO POR UNANIMIDAD CON NOTA DE (17) Diecisiete.


Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO** al Bach. **JUAN CARLOS LAZO HUARUCO**

Siendo las 19:00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose dos (02) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Ciudad Universitaria, 8 de agosto del 2019


DR. TOMAS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA
PRESIDENTE DE JURADO


DR. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
MIEMBRO DE JURADO


ING. PEDRO ANTONIO OLIVARES BALLENA
MIEMBRO DE JURADO

Dedicatoria

A Dios, por darme la vida.

A mis padres, Pablo y Felicita, por ser mi soporte emocional,
por su apoyo constante e incondicional
y por ser un excelente ejemplo de superación.

A mis hermanas Bertha, Susana, Érica y Alicia.

A Paola, mi compañera incondicional.

Agradecimientos

A mis padres, Pablo y Felicita por su apoyo y sus consejos a lo largo de mi carrera profesional.

A la Dirección de Laboratorios del INGEMMET, especialmente al Laboratorio de Petromineralogía, por las facilidades brindadas para el uso de sus equipos e instalaciones.

Un agradecimiento especial a la Ing. Ana Luz Condorhuaman Suarez, por su apoyo y facilidades brindadas en el desarrollo del presente trabajo.

Al ingeniero, Freddy Arcos por sus consejos y motivación para la realización del proyecto de tesis.

A mi asesor, Ing. Jaime Mayorga, por sus observaciones y aportes a lo largo del desarrollo del proyecto de tesis.

A mis amigos de la Dirección de Laboratorios del INGEMMET, a todos ellos, gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	8
CAPÍTULO I	10
INTRODUCCIÓN	10
1.1 Ubicación.....	11
1.2 Situación problemática	13
1.3 Formulación del problema	13
1.3.1 General.....	13
1.3.2 Específicos	13
1.4 Justificación del problema	14
1.4.1 Justificación Teórica	14
1.4.2 Justificación práctica	14
1.5 Objetivos de la investigación	14
1.5.1 General.....	14
1.5.2 Específicos	14
CAPÍTULO II	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Antecedentes de la investigación	15
2.2 Bases teóricas.....	16
2.2.1 Microscopía óptica de minerales	16
2.2.2 Difracción de rayos X (DRX).....	22
2.2.3 Tinción de feldespatos potásicos.....	24
2.2.4 Análisis litogeoquímico	26
2.3. Marco geológico	28
2.3.1 Unidades geomorfológicas	28
2.3.2 Batolito de la costa	32
2.3.3 Unidades del batolito de la costa.....	34
2.3.4 Contexto estructural	40
2.3.5 Contexto metalogenético	44
2.4. Glosario	49
CAPÍTULO III	51
HIPÓTESIS Y VARIABLES	51
3.1 Hipótesis.....	51
3.1.1 General.....	51
3.1.2 Específica	51

3.2 Identificación de variables	51
3.2.1 Independiente	51
3.2.2 Dependiente	51
CAPÍTULO IV	52
METODOLOGÍA	52
4.1 Tipo y diseño de la investigación	52
4.1.1 Tipo de investigación	52
4.1.2 Diseño de la investigación	52
4.2 Instrumentos de investigación	53
4.3 Procesos	53
4.3.1 Pre campo	54
4.3.2 Campo	54
4.3.3 Aplicación de técnicas de caracterización mineral	54
4.3.4 Integración y sistematización de información	54
4.3.5 Redacción de tesis	54
CAPÍTULO V	56
RESULTADOS	56
5.1 Selección de muestras	56
5.2. Difracción de rayos x (DRX)	57
5.3 Tinción de feldespatos potásicos	59
5.4 Estudio petrográfico	60
5.4.1 Petrografía	60
5.4.2 Clasificación petrográfica (QAP)	67
5.5 Análisis litogeoquímico	68
5.5.1 Clasificación geoquímica (TAS)	68
5.6 Correspondencia petrográfica y geoquímica	71
CAPÍTULO VI	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
CAPÍTULO VII	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	78
ESTUDIOS PETROMINERAGRÁFICOS	79
TINCIÓN DE FELDESPATOS POTÁSICOS	111
RESULTADOS DE ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X	119

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Microscopio petrográfico (Fuente INGEMMET).....	18
Figura 2. Secciones delgadas para estudio petrográfico (Fuente El autor).....	18
Figura 3. Secciones pulidas para estudio minerográfico (Fuente INGEMMET).	19
Figura 4. Diagrama para la estimación visual de porcentajes de minerales. Tomado de: Compton, R. R. 1962. Manual of Field Geology. Jhon Wiley & Sons, 378 pp.....	20
Figura 5. Diagrama QAPF para clasificación modal de rocas intrusivas (Le Maitre, 1989).	21
Figura 6. Diagrama donde se muestra el ángulo de reflexiones (θ), longitud de onda, planos atómicos (d) y fórmula de la ley de Bragg: $n\lambda=2d\sin\theta$. (D). (Aguilar Peris, 2002).	23
Figura 7. Difractómetro de Rayos X, SHIMADZU, modelo XRD-6000 (Fuente: INGEMMET).	23
Figura 8. Tinción de feldespatos potásicos en rocas intrusivas (Fuente: INGEMMET).	25
Figura 9. Diagrama TAS (álcalis totales versus sílice). Modificado a partir del diagrama de Cox (1979): The interpretation of the Igneous Rocks. Allen and Unwin, London)....	27
Figura 10. Peneplanicie subandina cortada por numerosas quebradas, vista al SO. Localidad de Santa Rosa (Fuente: autor).....	31
Figura 11. Valle del río Yauca en su curso inferior, nótese los terrenos de cultivos. Vista al NE. Localidad de Yauca (Fuente: google earth).....	31
Figura 12. Arco continental y zona de subducción relacionados a la generación de los Batolitos (Willie, 1984).	32
Figura 13. Segmentos del Batolito de la Costa. Tomado de Wallace S. Pitcher (1985).	33
Figura 14. Unidades intrusivas del Segmento de Arequipa en el área de estudio (Fuente INGEMMET).	34
Figura 15. Perfil sección mostrando la disposición de las Superunidades San Luis, Sacota, Jaquí y el Complejo Santa Rita (Fuente INGEMMET).....	38
Figura 16. 1-2. Stocks de monzogranito de la Superunidad Jaquí cortando a cuarzodioritas de la Superunidad San Luis. Localidades del Santa Rita y el Convento respectivamente. Vista al sureste (Fuente El autor).....	39
Figura 17. Etapas de la metodología de trabajo para el desarrollo de la tesis.	55
Figura 18. Tinción de feldespatos potásicos (FPsK) en rocas intrusivas de la Superunidad San Luis. El contenido máximo de feldespatos potásicos es de 4% (Fuente El autor).	59
Figura 19. Rocas intrusivas de la Superunidad San Luis, de color gris medianamente oscuro, textura fanerítica de grano medio a grueso, compuestos por plagioclasas (PGLs), cuarzo (cz), anfíboles (ANFs) y biotita (bt). La alteración es incipiente (Fuente El autor).	62
Figura 20. Fotomicrografías de texturas en las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis. a – b. Textura granular hipidiomórfica. c – d. Cristales euhedrales de plagioclasas (andesina). Cristales anhedral de cuarzo. e. Cristal de hornblenda, maclado con inclusiones de apatito, cuarzo y magnetita, formando textura poiquilítica. f. Cristal de biotita I con inclusiones de apatito y esfena. g – h. Cristales anhedral de feldespatos potásicos con macla de la microclina. i. Magnetita subhedral ligeramente reemplazados por hematita. j. Cristal euhedral de zircón incluido en hornblenda. k - l. Cristales	

subhedrales y anhedrales de epidota I intercrecidos con biotita I. m – n. Piroxenos parcialmente uralitizados, mostrándose a modo de relictos.	64
Figura 21. Diagrama QAP mostrando la proyección de los puntos en el campo de cuarzodioritas, correspondiente a las muestras de la Superunidad San Luis.	67
Figura 22. Diagrama de álcalis totales versus sílice (TAS), mostrando los campos de rocas plutónicas y la proyección de puntos correspondientes a las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis. Nótese la proyección en el campo de cuarzodiorita. Modificado a partir del diagrama Cox (1979). (The interpretation of the igneous Rocks. Allen and Unwin, London).	70
Figura 23. Correspondencia entre la clasificación petrográfica y el diagrama definido por parámetros geoquímicos. Tomado de Castro A. (2015). Nótese que, la ubicación de los puntos correspondientes a las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis cae en los campos de cuarzodioritas de ambos diagramas.	71

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Acceso por vía terrestre.....	11
Tabla 2. Muestras para estudios de caracterización y clasificación petrográfica (Fuente El Autor).....	56
Tabla 3. Resultados de los análisis por Difracción de Rayos X (DRX) en muestras de la Superunidad San Luis, destacándose la presencia de Andesina y Hornblenda (Fuente El autor).....	58
Tabla 4. Composición mineralógica modal de las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis.....	65
Tabla 5. Composición de elementos mayores (% w) de las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis (Fuente El autor).....	69

RELACIÓN DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de ubicación y accesibilidad.....	12
Mapa 2. Unidades geomorfológicas.....	30
Mapa 3. Mapa geológico.	37
Mapa 4. Contexto estructural.....	42
Mapa 5. Modelo estructural local.	43
Mapa 6. Franjas metalogenéticas.....	48
Mapa 7. Ubicación de muestras.	72

RESUMEN

La zona de estudio se encuentra localizada en el departamento de Ayacucho, provincia de Lucanas, distrito de Sancos, específicamente, entre los centros poblados de Santa Rosa y El Molino, abarcando una extensión aproximada de 25 km². Geomorfológicamente, se encuentra dentro de la peneplanicie subandina con alturas que van desde los 2,500 hasta los 3,200 msnm de altitud. Afloran rocas pertenecientes al segmento de Arequipa (Batolito de la Costa), con edades que van desde el Jurásico medio hasta Cretácico superior. Se encuentra limitado al este por el sistema de fallas regionales NO – SE y, al oeste, por el sistema de fallas NO – SE y un sistema de vetas NO – SE (sistema andino). La mineralización ocurre a modo de relleno de fallas y fisuras, y los minerales depositados son cuarzo, pirita, oro y contenidos menores de calcopirita, galena y esfalerita.

El objetivo de la presente tesis fue caracterizar las texturas y clasificar petrográficamente las rocas intrusivas, de la Superunidad San Luis, pertenecientes al Segmento de Arequipa y que se encuentran dentro de la zona de estudio. Para este fin, la recolección de muestras fue realizada de forma aleatoria tomando en cuenta las necesidades de los objetivos, seleccionando un total de 8 muestras y empleando las siguientes técnicas de caracterización mineralógica: tinción de feldespatos potásicos, difracción de rayos X (DRX) y estudios petrográficos (macroscópicos y microscópicos). Adicionalmente, se realizó un análisis litogeoquímico de elementos mayores, con el objetivo de establecer una correspondencia entre la clasificación modal y la clasificación geoquímica.

Los resultados muestran que, macroscópicamente, las rocas presentan color gris blanquecino, textura fanerítica de grano medio y magnetismo moderado. La alteración es incipiente. Asimismo, la tinción demuestra un porcentaje máximo de 4% en contenido de feldespatos potásicos. Los análisis de difracción de rayos X, reportan que la principal plagioclasa es la andesina y el principal anfíbol es la hornblenda, siendo estos, minerales característicos de rocas de composición intermedia. Microscópicamente, se caracterizan por presentar textura granular

hipidiomórfica y están compuestos por andesina (50 -62%), cuarzo (10 – 15 %), hornblenda (15 - 25 %), biotita I (5 – 10%), cantidades accesorias (< 5%) de magnetita, feldespatos potásicos y trazas de apatito, zircón, epídota I, piroxenos y esfena. La alteración es incipiente a débil, presentando minerales secundarios, entre ellos, cloritas, epídota II, biotita II, carbonatos, illita, esmectita y hematita. Las rocas son clasificadas como cuarzodioritas, existiendo una correspondencia entre la clasificación petrográfica y la clasificación geoquímica.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra en el departamento de Ayacucho, provincia de Lucanas. Según la literatura, afloran rocas intrusivas del Segmento de Arequipa (Cobbing, Pitcher, & Taylor, 1977).

Asimismo, según Pitcher (1985), el área de estudio, se encuentra dentro de la Superunidad Tiabaya, que está compuesta por granodiorita de hornblenda – biotita, con variaciones menores a tonalita y monzogranitos. Sin embargo, Santos (2016) denomina esta zona como Superunidad San Luis, afirmando que se compone de dioritas y cuarzodioritas,

En la presente tesis, se demuestra que las rocas en estudio corresponden a cuarzodioritas. Para este fin, se ha utilizado diferentes técnicas de caracterización mineralógica, entre ellos, microscopía óptica, tinción de feldespatos potásicos y difracción de rayos X. Además, se ha realizado un análisis químico de las muestras estudiadas, para la respectiva correlación de la clasificación modal con el diagrama TAS para rocas intrusivas.

1.1 Ubicación

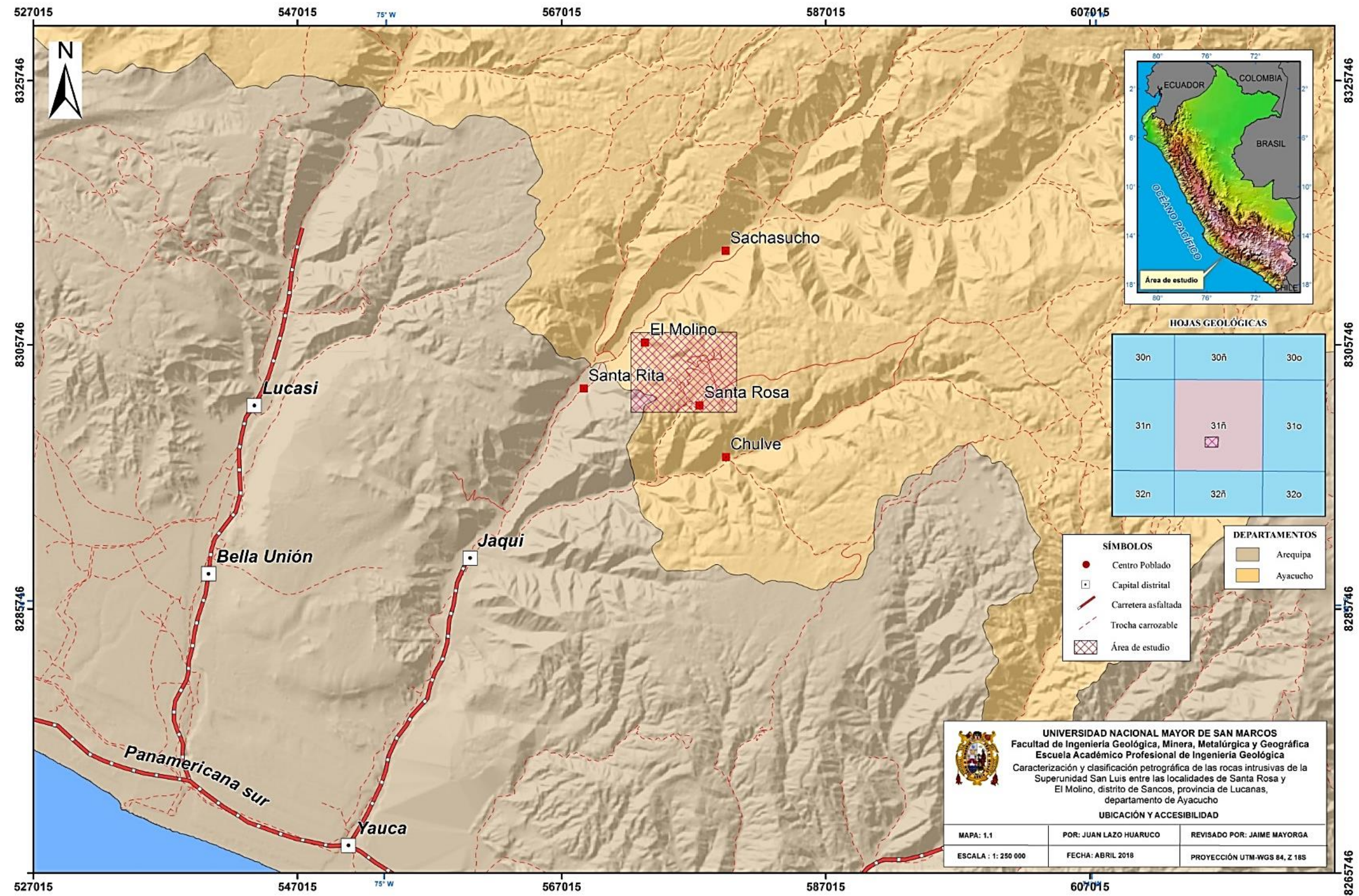
El área de estudio se encuentra al suroeste de la provincia de Lucanas, distrito de Sancos, departamento de Ayacucho, como se ilustra en el mapa N°1. Abarca una extensión aproximada de 25 km². Asimismo, se encuentran las localidades de Santa Rita, Chulve, Santa Rosa, El Molino y Sachasucho. Comprende el sector sur del Cuadrángulo de Jaquí (31ñ), teniendo como referencia la coordenada central UTM - WGS84: 577361 E; 8302012 N. La vía de acceso principal es la carretera Panamericana Sur que va en dirección NO - SE, desde Lima hasta llegar a Yauca. De Yauca se inicia una carretera de dirección SO - NE que pasa por Jaquí hasta llegar al centro poblado de Santa Rosa.

El acceso al área de estudio se puede realizar solamente por vía terrestre, el mismo que se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Acceso por vía terrestre.

Tramo	km	Tipo Acceso
Lima - Yauca	573	Carretera asfaltada
Yauca – Santa Rosa (área de estudio)	49	Carretera asfaltada - trocha
Total	622	-

El tramo Yauca – Santa Rosa se puede realizar en colectivos que logran realizar el viaje en aproximadamente 2 horas. Los accesos de tipo trocha se encuentran en buen estado por lo que se puede circular sin problemas.



Mapa 1. Mapa de ubicación y accesibilidad. (Fuente: INGEMMET)

1.2 Situación problemática

En el área de estudio, según la literatura, afloran rocas intrusivas del Segmento de Arequipa (Cobbing, Pitcher, & Taylor, 1977). Este segmento está constituido por dioritas, cuarzodioritas, tonalitas, granodioritas y monzogranitos, agrupados en Superunidades magmáticas de acuerdo a sus variaciones texturales, composicionales y edades relativas. Según Pitcher (1985), el área de estudio, se encuentra dentro de la Superunidad Tiabaya, que está compuesta por granodiorita de hornblenda – biotita, con variaciones menores a tonalita y monzogranitos. Por otro lado, Santos (2016) denomina esta zona como Superunidad San Luis, afirmando que se compone de dioritas y cuarzodioritas, sin proporcionar más detalles de los mismos. Asimismo, en la bibliografía no se tiene un registro sobre la petrografía de estas rocas intrusivas.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 General

¿Las rocas intrusivas, del área de estudio, corresponden a granodioritas, monzogranitos o cuarzodioritas?

1.3.2 Específicos

¿El contenido de cristales de plagioclasas, cuarzo y feldespatos potásicos, podrían variar de modo que las rocas de la Superunidad San Luis serían cuarzodioritas?

1.4 Justificación del problema

1.4.1 Justificación Teórica

En vista que las rocas de la zona de estudio presentan diferentes clasificaciones, es necesario realizar un muestreo de rocas a una escala apropiada y clasificarlas de acuerdo a su composición mineralógica, para obtener información que será útil en posteriores interpretaciones geológicas tanto para escala local como regional.

1.4.2 Justificación práctica

Llevar un control del tipo de roca que se tiene en el área de estudio. Asimismo, se tendrá un procedimiento práctico para clasificar rocas intrusivas.

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 General

- Caracterizar y clasificar petrográficamente las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis, entre las localidades de Santa Rosa y El Molino.

1.5.2 Específicos

- Establecer una clasificación petrográfica para las rocas ígneas del área de estudio, mediante un estudio petrográfico.
- Determinar y cuantificar fases minerales de las rocas intrusivas del área de estudio, mediante un análisis de Difracción de Rayos X (DRX).
- Determinar y cuantificar la presencia de feldespatos potásicos en muestra de mano, mediante la técnica de tinción.
- Establecer una clasificación geoquímica, mediante un estudio litogeoquímico de elementos mayores y su representación en el diagrama TAS.
- Establecer una correspondencia entre la clasificación modal y parámetros geoquímicos para rocas ígneas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Olchauski (1980) afirma que la Superunidad Tiabaya presenta una extensión aproximada de 800 km de largo y se halla compuesta por tres grupos de rocas, productos de una cristalización fraccionada: una primera consistente de gabrodioritas-diorita cuarcífera, una segunda mesócrata-leucócrata con tonalita dominante que varía a granodiorita y una tercera correspondiente a monzogranitos.

Calderón (2015), concluye que, las rocas intrusivas de la Superunidad Linga varían entre monzogranito, monzonita con cuarzo y monzodiorita. Macroscópicamente las rocas presentan color gris claro, son compactas, algo porfiríticas con venillas de cuarzo blanco y débilmente silicificadas. Ocupan los sectores E del Cuadrángulo de Acarí y el NO del cuadrángulo de Jaquí en una franja de orientación NO. Además, concluye que las rocas intrusivas de la Superunidad Tiabaya varían desde monzogranito, granodiorita-tonalita, cuarzo monzodiorita y diorita. Macroscópicamente los colores varían entre el gris claro a oscuro, presentan textura holocristalina y, en algunos casos, porfirítica. Existen sectores donde se encuentran bastante compactas y, en otros, muy alteradas y fracturadas.

Santos et al., (2016) realiza trabajos de cartografiado geológico al detalle en el sector norte del Segmento de Arequipa y realiza estudios de geocronología en zircones, determinando edades (U/Pb) que van desde los 189+/- 1.3 hasta los 53.7 +/- 2.7 Ma. Además, reconoce 18 Superunidades magmáticas, distribuidas en un tiempo geológico continuo desde el Jurásico inferior (200 Ma) al Paleógeno (54 Ma).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Microscopía óptica de minerales

La microscopía de minerales en luz transmitida o reflejada, es un método clásico y hasta hoy irremplazable. Es un método no destructivo y potente para la determinación minerales, posee relativamente elevada resolución espacial y además pueden ser estudiadas las relaciones texturales (estructura, fábrica, asociaciones de fases, texturas de reacción) obteniendo así importante información para comprender la génesis de las rocas. En ese sentido, la microscopía de polarización no puede ser remplazada por otras técnicas de caracterización que utilizan muestras pulverizadas (técnicas destructivas) para la identificación de fases, por ejemplo, la Difracción de Rayos X o determinación de la composición química (XRF, AAS) (Raith, Raase, & Reinhardt, 2012).

La microscopía de polarización encuentra sus límites cuando la composición química de asociaciones minerales complejas necesita ser conocida o cuando el material es de grano tan fino que impide la identificación de las fases individuales. Un estudio moderno en ciencia de los minerales deberá, dependiendo de los objetivos, combinar la microscopía de polarización con otros métodos no destructivos de más elevada resolución (EPMA, SEM-EDX, TEM) (Raith, Raase, & Reinhardt, 2012).

La identificación de los minerales con el microscopio de polarización se basa en las propiedades ópticas y morfológicas que presenta cada fase cristalina. Además, existen numerosos textos con tablas y descripciones de estas propiedades, para un gran número de fases minerales.

2.2.1.1 Microscopía en luz transmitida

Consiste en el estudio de minerales transparentes o formadores de roca y sus alteraciones. Para ello se utiliza el microscopio petrográfico con luz transmitida (Figura N° 1), con el cual podemos estudiar la interferencia de la luz en un determinado corte de los minerales transparentes en una sección delgada (Figura N° 2). El estudio correspondiente viene a ser la caracterización o **estudio petrográfico** (Ineson, 1989).

2.2.1.2 Microscopía en luz reflejada

El microscopio utilizado para el estudio de los minerales opacos (minerales que no dejan pasar la luz) es esencialmente igual al microscopio utilizado para el estudio de minerales transparentes. La principal diferencia estriba en la forma en la que la luz llega a la muestra donde incide desde arriba, a través del objetivo, y se refleja en la superficie de los minerales (Ixer, 1991). El estudio correspondiente es el de caracterización mineragráfica o **estudio mineragráfico**.

Para el estudio de los minerales en el microscopio de luz reflejada se utilizan generalmente “secciones pulidas” que consisten en un trozo de roca o mineral embutido en una resina sintética (Figura N° 3). Asimismo, la superficie de la muestra debe estar perfectamente pulida para obtener las mejores condiciones posibles de reflexión de la luz. (Ixer, 1991).

Cabe mencionar que, la combinación del **estudio petrográfico** y **estudio mineragráfico**, se realiza en una sección **delgada pulida** de similares dimensiones a una sección delgada, con la diferencia que una sección delgada pulida no lleva cubre objeto.



Figura 1. Microscopio petrográfico (Fuente INGEMMET).

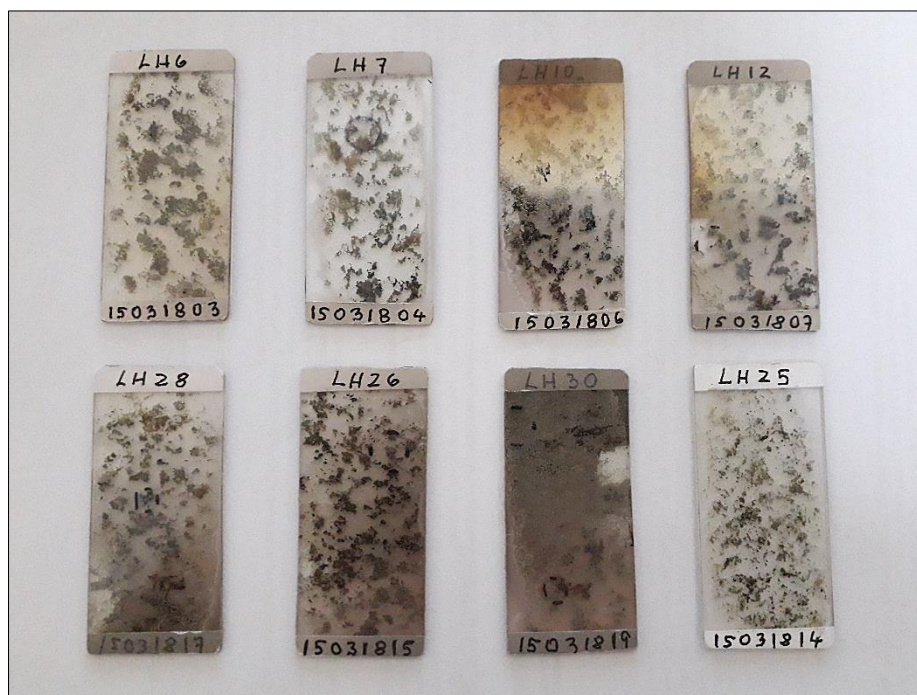


Figura 2. Secciones delgadas para estudio petrográfico (Fuente El autor).



Figura 3. Secciones pulidas para estudio mineragráfico (Fuente INGEMMET).

2.2.1.3 Estudio petromineragráfico

Es la combinación del **estudio petrográfico** y **estudio mineragráfico** y se realiza en una sección **delgada pulida** de similares dimensiones a una sección delgada, con la diferencia que una sección delgada pulida no lleva cubre objeto. Consiste en la determinación de la textura, la composición mineralógica y la clasificación de la roca en una sección delgada pulida. Este tipo de estudio es muy utilizado para relacionar los minerales de mena (opacos) y los minerales ganga (transparentes).

Para los tipos de estudios antes mencionados, los gráficos de estimación visual de porcentajes (Figura N° 4) y los diagramas QAPF o triángulo de Streckeisen (para rocas intrusivas), como se muestra en la figura N° 5, son herramientas de gran utilidad para la determinación porcentual y posterior clasificación de las rocas a estudiar.

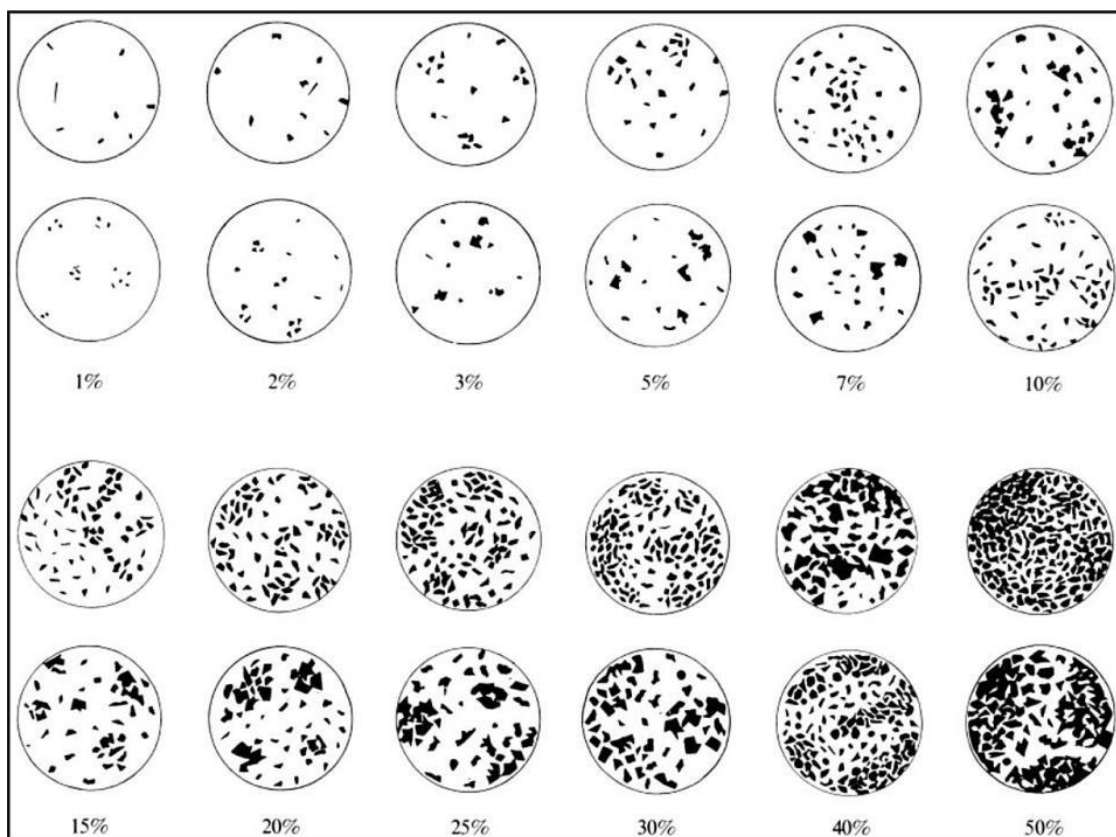


Figura 4. Diagrama para la estimación visual de porcentajes de minerales. Tomado de: Compton, R. R. 1962. Manual of Field Geology. Jhon Wiley & Sons, 378 pp.

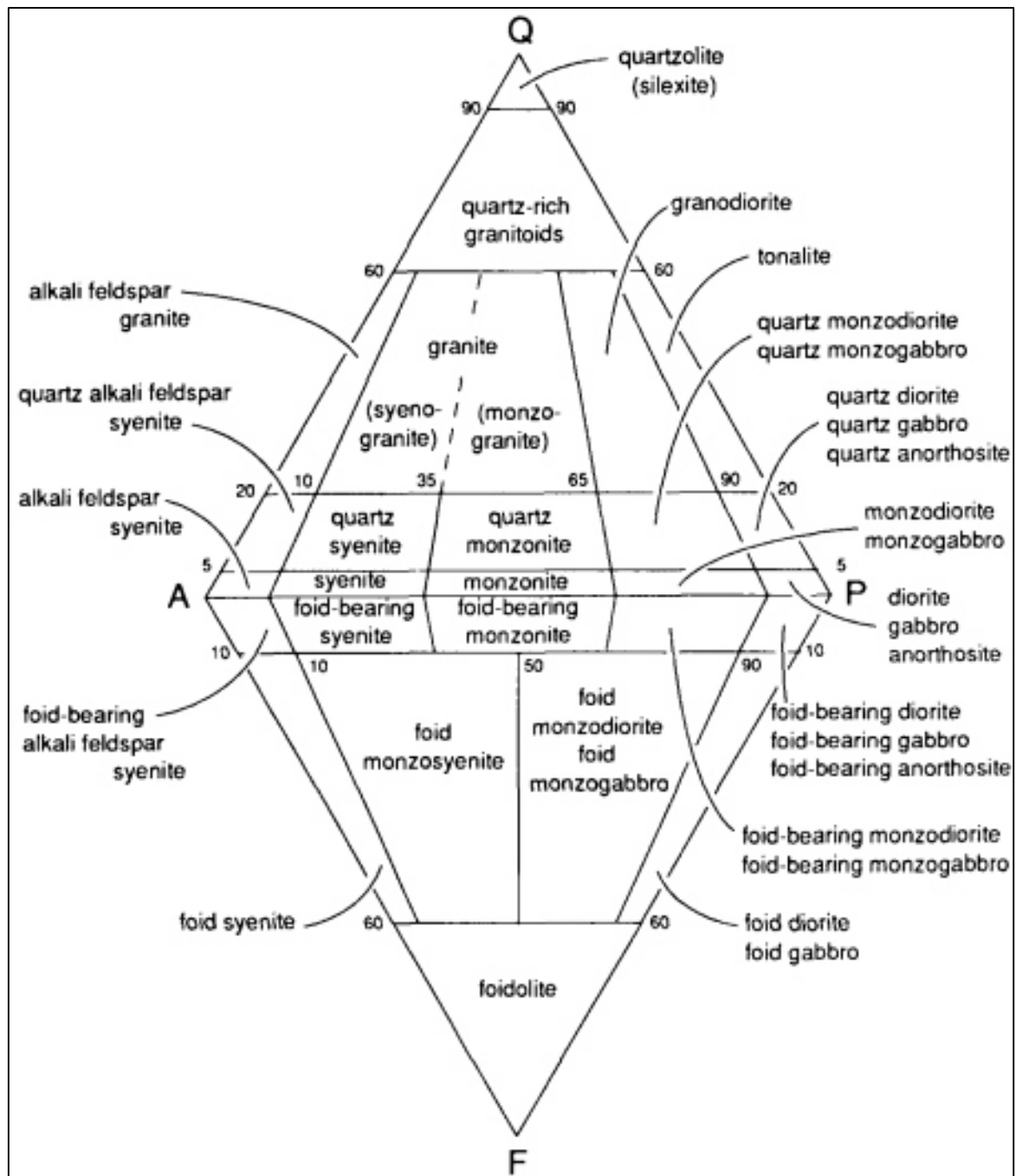


Figura 5. Diagrama QAPF para clasificación modal de rocas intrusivas (Le Maitre, 1989).

2.2.2 Difracción de rayos X (DRX)

La DRX es un método de análisis estructural, que permite identificar los minerales por su estructura cristalina. El análisis por el método de polvo, es quizá la técnica más perfecta y rápida para el análisis mezclas cristalinas, puesto que cada fase cristalina de la mezcla, produce un diagrama característico e independiente de las otras fases, lo que hace posible identificar los distintos componentes separando los diagramas superpuestos que obtenemos. Por otro lado, permite el análisis cuantitativo de los minerales, ya que la intensidad de las líneas de difracción de cada mineral es proporcional a la cantidad de fase cristalina presente. Por tanto, se podrá realizar este análisis siempre y cuando se establezca la adecuada relación entre la intensidad y la concentración de la fase cristalina objeto de estudio (Bartolomé, 1996).

Melgarejo et. al (2010) afirman que la distribución regular de los componentes del mineral se describe mediante las redes cristalinas que ponen de manifiesto la repetición periódica de la celda del mineral. La celda mineral es pues una unidad, en forma de paralelepípedo, que repetida idénticamente llena todo el espacio del cristal. La descripción de la celda proporciona toda la información sobre la estructura cristalina del mineral.

Para la identificación de minerales mediante DRX se requiere lo siguiente: a) Medir los ángulos θ de reflexiones; b) Medir la intensidad reflejada y c) calcular mediante la ley de Bragg los espaciados de planos atómicos ordenados en orden decreciente, con la correspondiente intensidad reflejada (Figura N° 6).

Para el análisis la muestra se pulveriza a malla <400 y se coloca en el portamuestra, a temperatura ambiente. El equipo utilizado es el Difractómetro de Rayos X, SHIMADZU, modelo XRD-6000 (Figura N° 7) y la energía de excitación de 40kv y 30 mA con un ángulo de barrido en el rango de 2° hasta 70°.

Las muestras fueron analizadas por el método de polvo, es quizá la técnica más perfecta y rápida para el análisis de mezclas cristalinas, puesto que cada fase cristalina de la mezcla, produce un diagrama característico e independiente de las otras fases, lo que hace posible identificar los distintos componentes separando los diagramas superpuestos que obtenemos.

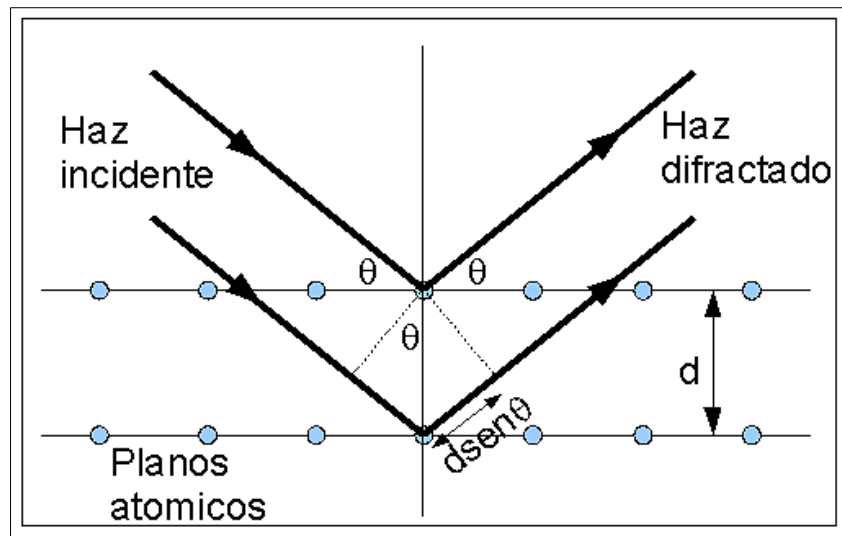


Figura 6. Diagrama donde se muestra el ángulo de reflexiones (θ), longitud de onda, planos atómicos (d) y fórmula de la ley de Bragg: $n\lambda = 2d \sin \theta$. (D). (Aguilar Peris, 2002).



Figura 7. Difractor de Rayos X, SHIMADZU, modelo XRD-6000 (Fuente: INGEMMET).

2.2.3 Tinción de feldespatos potásicos

Las ventajas de teñir superficies de muestras de mano para el análisis modal de los principales minerales de rocas graníticas se han vuelto muy útiles para el geólogo. El costo de preparar las muestras para la tinción es mínimo en comparación con el costo de la preparación de la sección delgada. Este método fue desarrollado por Gabriel y Cox (1929) y modificado por Keith (1939), Chayes (1952) y Rosenblum (1956).

Esta técnica se basa en la reacción química de los feldespatos potásicos y el reactivo conocido como Cobaltonitrito de sodio. De acuerdo con Reid (1969), el procedimiento es simple y consiste en lo siguiente:

Reactivos:

- Solución de Cobaltonitrito de sodio.
- Ácido Fluorhídrico al 52 %

Procedimiento:

Disolver 60 gramos de Cobaltonitrito de sodio en 100 mililitros de agua desmineralizada. Colocar suficiente ácido fluorhídrico concentrado en un recipiente plástico. Introducir la muestra por un minuto. En lo posible trabajar bajo una campana extractora para minimizar la exposición a los vapores de HF. Retirar y secar la muestra en la corriente de aire de la campana. Sumergir la muestra atacada en el HF en la solución de Cobaltonitrito de sodio por 3 minutos. Retirar y enjuagar inmediatamente el portaobjeto en una suave corriente de agua fría y dejar que se seque. El feldespato potásico se tiñe de amarillo, en ocasiones, con tonalidad naranja tal como se observa en la figura N° 8. Los cristales de plagioclasas se tiñen de blanco, mientras que el cuarzo y ferromagnesianos no son afectados. Sin embargo, se ha observado que, a mayor tiempo de exposición en el Cobaltonitrito de sodio, los cristales de biotita se tiñen de amarillo pálido. Asimismo, debemos tener en cuenta que las muestras alteradas por arcillas también se tiñen de amarillo. Esta técnica también se puede aplicar a una muestra en sección delgada pulida tal como se observa en la figura N° 8 d.

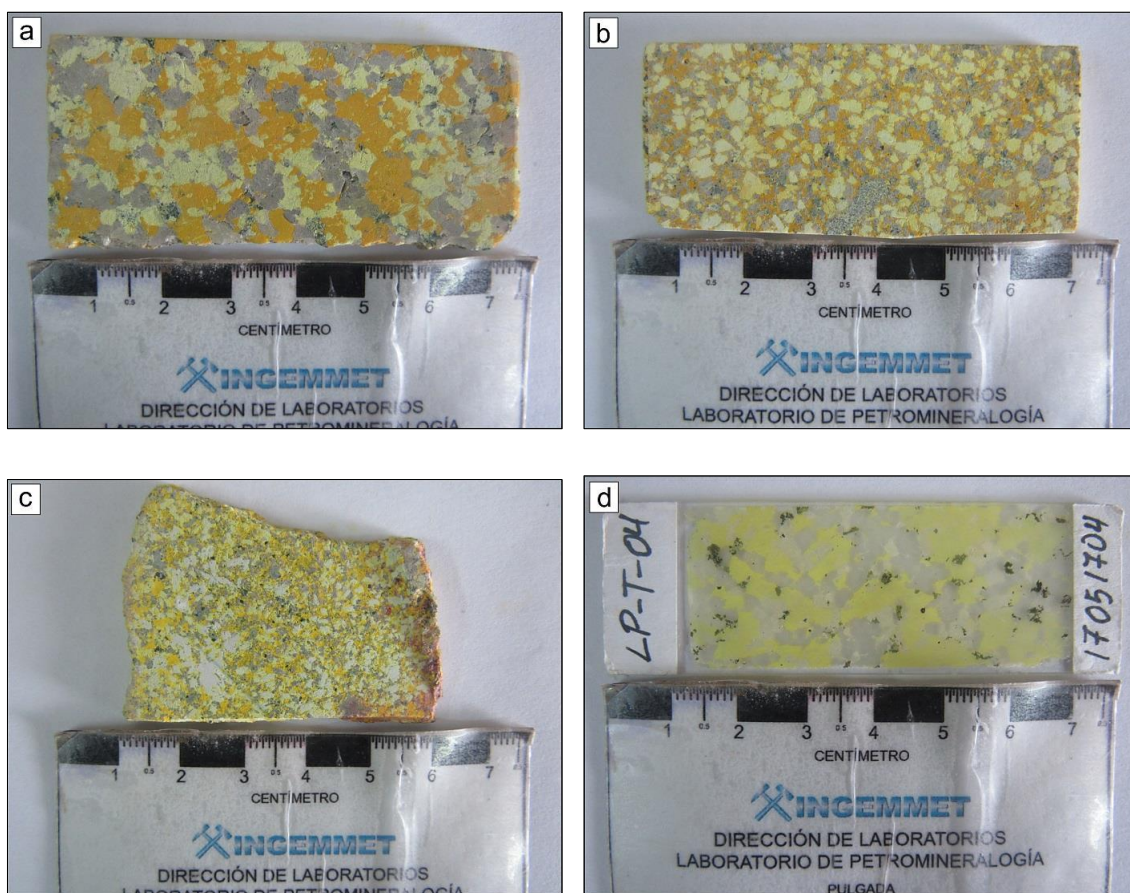


Figura 8. Tinción de feldespatos potásicos en rocas intrusivas (Fuente: INGEMMET).

2.2.4 Análisis litogeoquímico

El análisis litogeoquímico es un complemento necesario en la investigación petrológica (Rivera, 2007). Este estudio se basa en la determinación cuantitativa de los elementos químicos en muestras de roca. Para cumplir con los objetivos planteados en la presente tesis, fue necesario que las rocas no presenten alteración, ya que esto podría generar un aumento o disminución en el contenido de un elemento a analizar. Las muestras fueron analizadas por elementos mayores.

2.2.4.1 Elementos mayores

Se denominan elementos mayores porque están presentes en concentraciones mayores al 1% y constituyen el 99% del total de la corteza terrestre. Además, controlan en gran medida la cristalización de los minerales petrogenéticos en las rocas a partir de fundidos y, en forma de óxidos, son utilizados en la clasificación geoquímica de las rocas, utilizando diversos diagramas binarios y ternarios. En la presente tesis, para la clasificación geoquímica, se ha utilizado el diagrama TAS (álcalis totales versus sílice), propuesto por Cox (1979) (Figura N° 9). Las muestras fueron analizadas por la técnica de Fusión Eléctrica de Metaborato de Litio por ICP-OES.

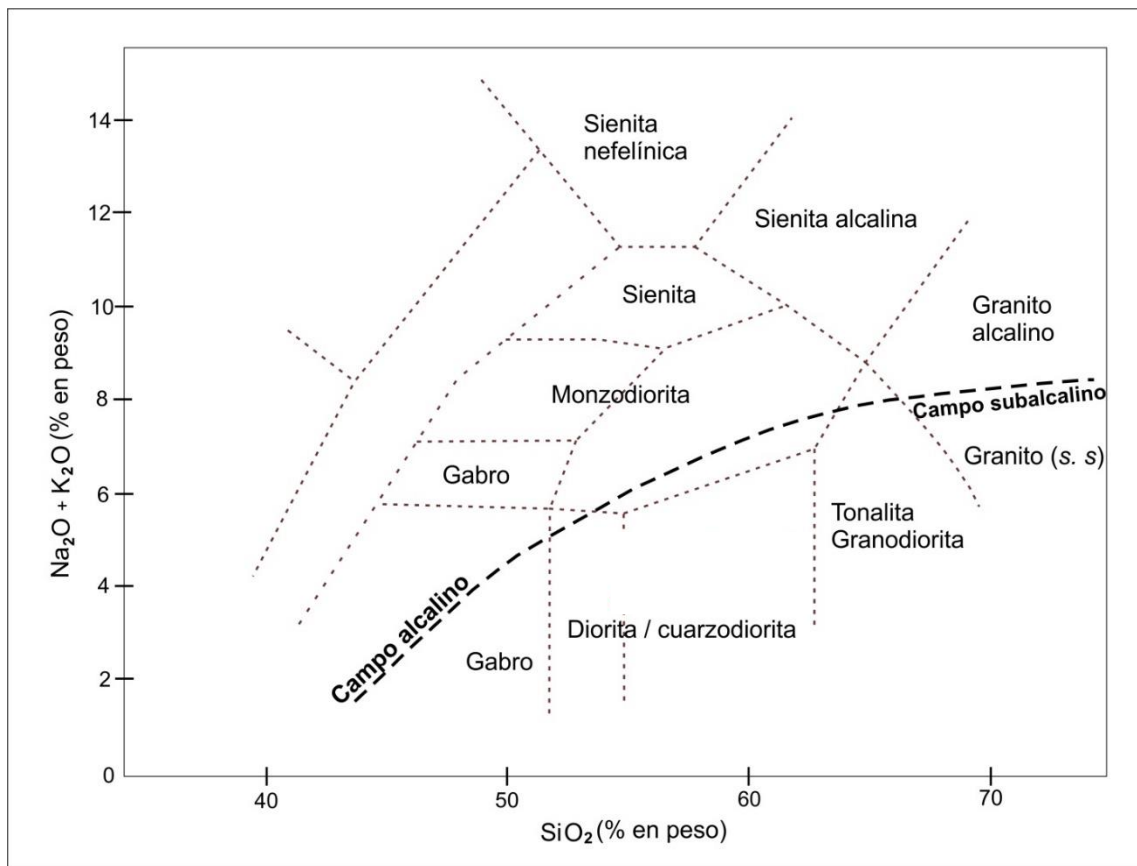


Figura 9. Diagrama TAS (álcalis totales versus sílice). Modificado a partir del diagrama de Cox (1979): The interpretation of the Igneous Rocks. Allen and Unwin, London).

2.3. Marco geológico

2.3.1 Unidades geomorfológicas

- Cadena costanera

Se ubica hacia el oeste a partir de los 400 msnm, el perfil de los cerros se va haciendo cada vez más empinado y por lo tanto la topografía más accidentada. La altitud que alcanzan los cerros es variada, adquiriendo elevaciones que llegan hasta los 2500 msnm (Mapa N° 2). Esta unidad está disectada por valles transversales y numerosas quebradas que han modificado totalmente la superficie de erosión (Olchauski, 1980).

- Peneplanicie subandina

Está ubicada en el sector SE y NE del área de estudio, constituye una superficie de erosión inclinada hacia el SSO, cortada por numerosas quebradas y ríos que drenan hacia el pacífico (Mapa N° 2) (Olchauski, 1980). La diferencia de nivel aumenta progresivamente de SO a NE, desde los 2,500 hasta los 3,200 msnm de altitud (Figura N° 10).

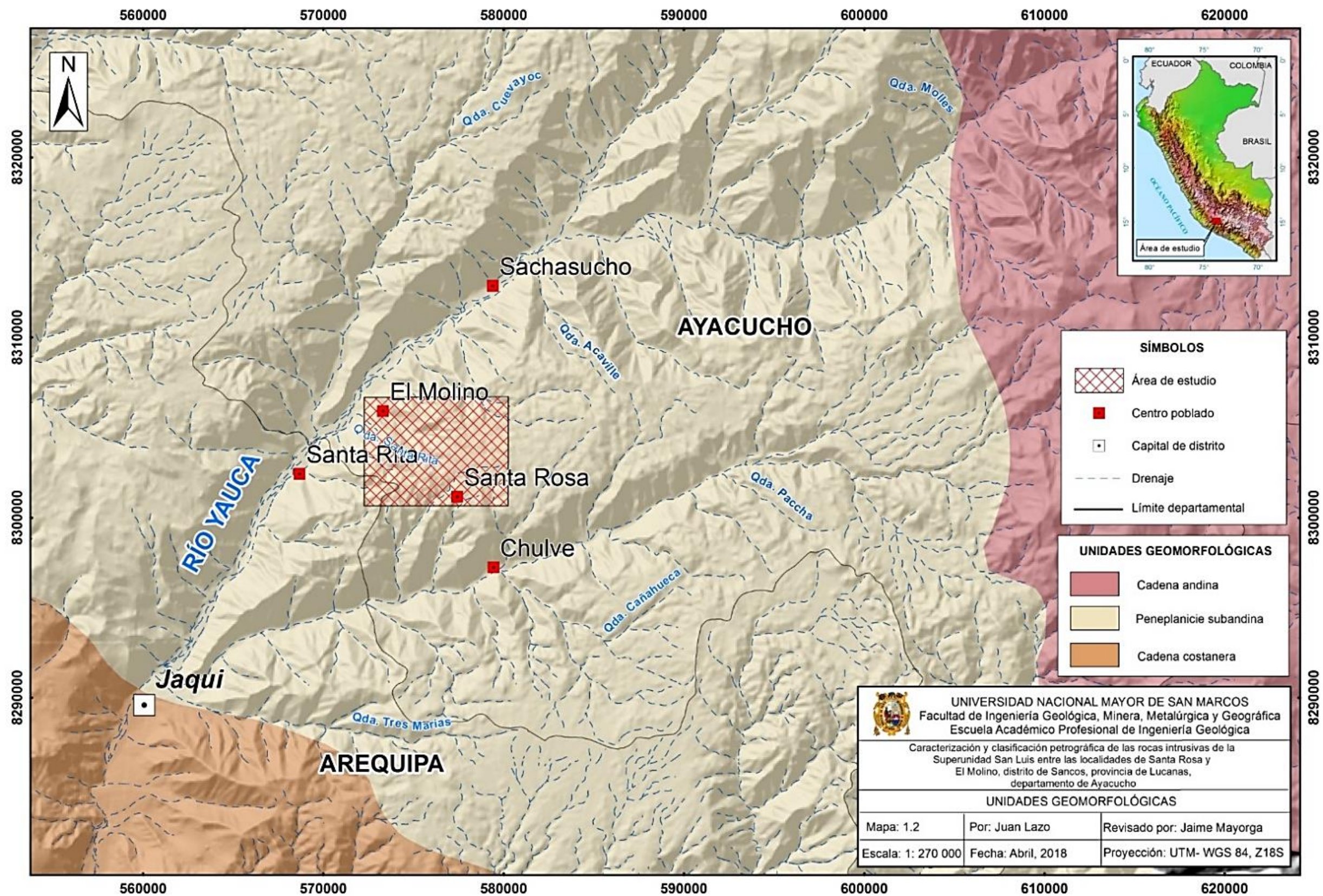
Esta superficie, posiblemente comenzó a formarse en el Terciario medio por acción marina y a una altura muy inferior a la actual, alcanzando las rocas del Batolito, que han quedado al descubierto por la intensa erosión modeladora del que sólo una parte está cubierta en pequeñas áreas por depósitos volcánicos más jóvenes (Olchauski, 1980).

- Cadena andina

Entre los 3,200 y 4,500 msnm, se presenta una cadena con dirección NO y cuyas cumbres forman colinas onduladas del modelado por agentes erosivos, originando así un relieve poco accidentado (Mapa N° 2). Sedimentos cretáceos bastante plegados afloran a lo largo de ésta cadena (Olchauski, 1980).

- Valles transversales

Los ríos Acarí, Chala, Chaparra, Atico y Yauca que drenan en dirección SSO han formado valles, en los cuales, por alcanzar su perfil de equilibrio, han profundizado y ensanchado sus cauces. Este proceso desarrollado en un tiempo relativamente corto, se ha debido a la erosión sobre una superficie en proceso de levantamiento. Los valles de los cursos inferiores tienen un ancho máximo de 2 a 3 km, tal como puede observarse en el curso inferior del valle de del río Yauca (Figura N° 11), empleándose como terreno de cultivo y asentamiento poblado (Olchauski, 1980).



Mapa 2. Unidades geomorfológicas. (Fuente: INGEMMET)



Figura 10. Peneplanicie subandina cortada por numerosas quebradas, vista al SO. Localidad de Santa Rosa (Fuente: autor).



Figura 11. Valle del río Yauca en su curso inferior, nótese los terrenos de cultivos. Vista al NE. Localidad de Yauca (Fuente: google earth).

2.3.2 Batolito de la costa

Las rocas intrusivas del Batolito de la costa, se encuentra genéticamente ligado a un arco continental en zona de subducción (Figura N° 12). El mismo que ha sido producto de una continua, variada y compleja evolución magmática ocurrida desde el Jurásico inferior hasta el Paleógeno temprano sobreimpuesto, a través del tiempo, por los arcos magmáticos (Santos, Wimin, Tassinari, Soberon, & Ccallo, 2016)

Los trabajos realizados por Cobbing, Pitcher & Taylor (1977); Caldas (1978), Olchauski (1980), permitieron relacionar las rocas intrusivas del Batolito de la Costa de acuerdo a sus similitudes litológicas, geoquímicas y geocronológicas, agrupándolos en Unidades y Superunidades estudiados a lo largo de 5 segmentos (de norte a sur): Piura, Trujillo, Lima, Arequipa y Toquepala (Figura N° 13).

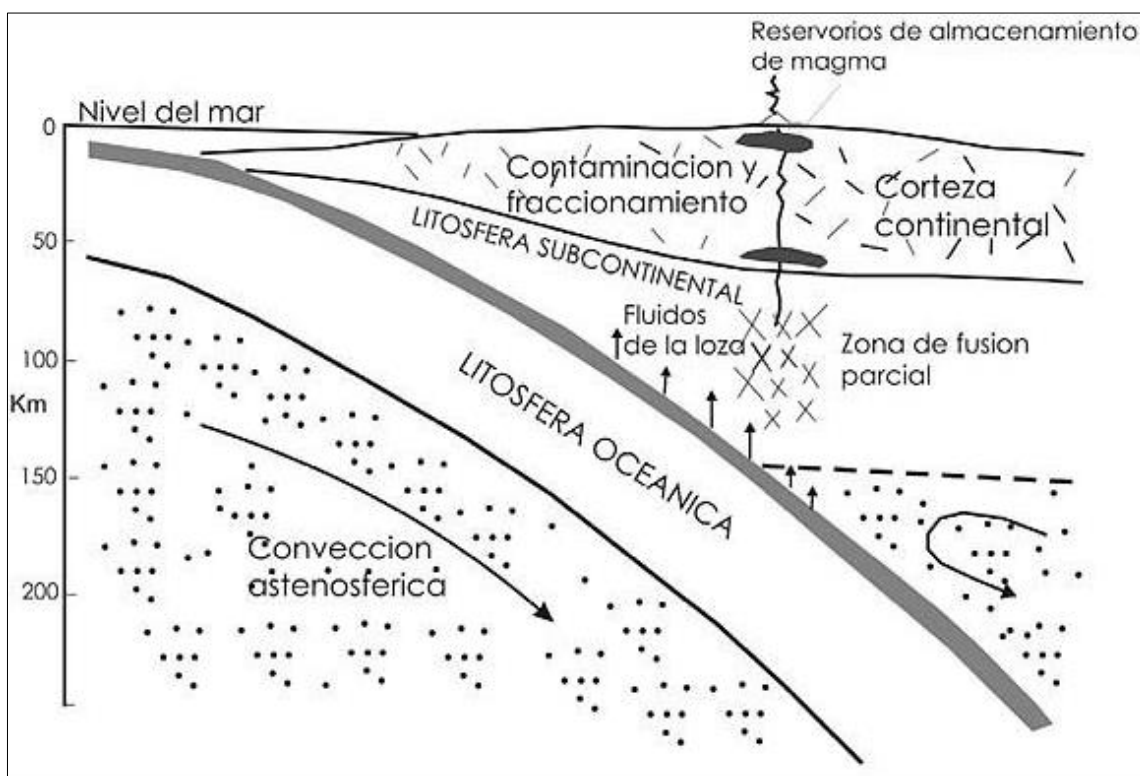


Figura 12. Arco continental y zona de subducción relacionados a la generación de los Batolitos (Willie, 1984).

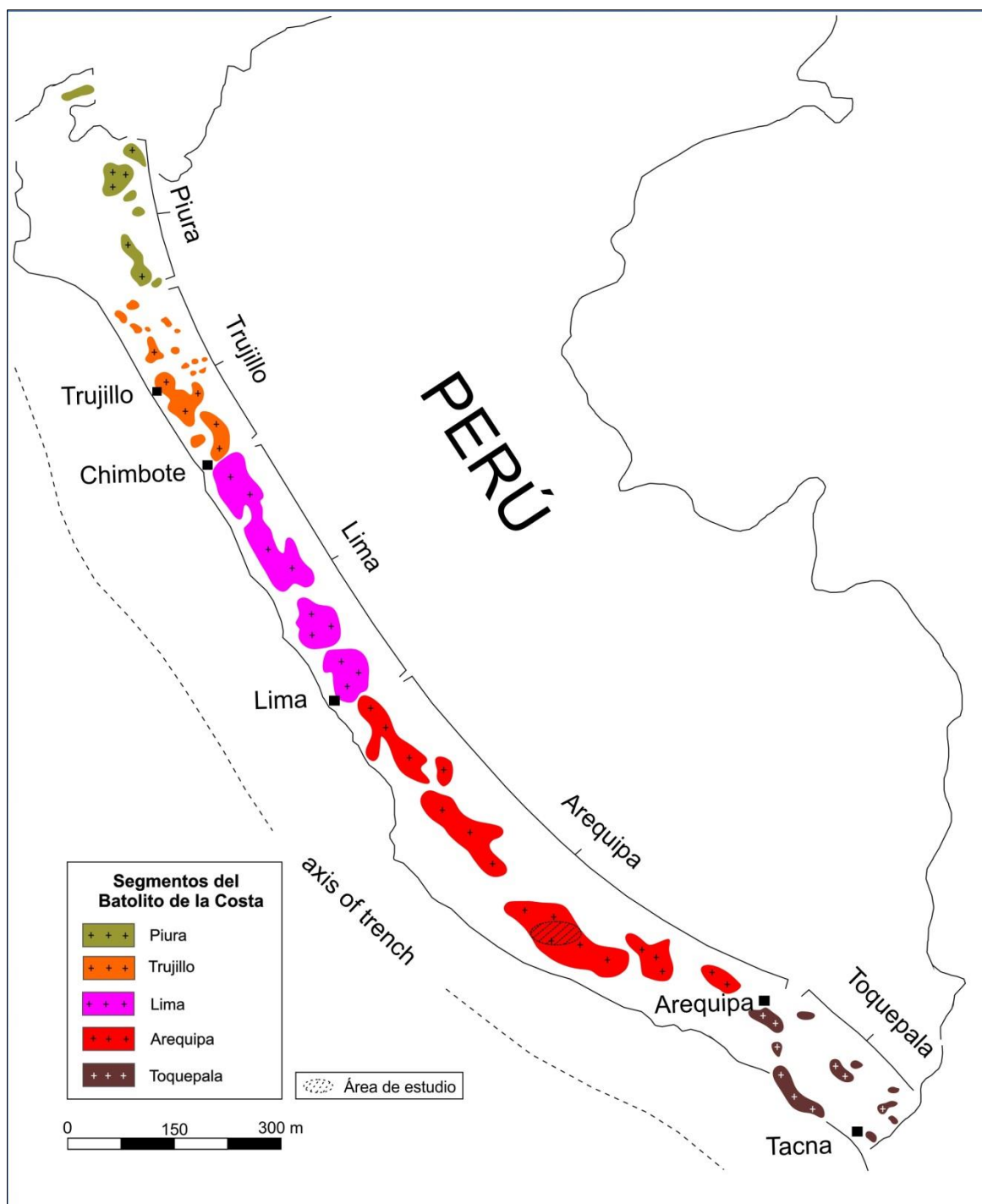


Figura 13. Segmentos del Batolito de la Costa. Tomado de Wallace S. Pitcher (1985).

MESOZOICA	CRETÁCICO	Superior	Superunidad Tiabaya	Granodiorita	Ks-bc/t-gd	Roca de textura granular, con cristales desarrollados de plagioclasas, cuarzo, feldespato potásico y biotita exagonal.
			Superunidad Jaquí	Stock Santa Rita (Sienogranito).	Ks-bc/j-sgr	Roca con textura fanerítica, compuesta por cuarzo y feldespato potásico.
				Stock El Convento (Monzogranito).	Ks-bc/j-mgr	Roca con textura fanerítica, constituida por cristales de plagioclasas, cuarzo, feldespato potásico, anfíboles y biotita.
		Monzonita		Ki-bc/j-mz	Roca con textura fanerítica, equigranular de grano fino a medio constituida por cristales de cuarzo, feldespato potásico y escasos máficos.	
		Inferior	Monzodiorita	Ki-bc/j-mdi	Roca con textura fanerítica, compuesta por feldespato potásico y cristales de anfíboles y biotita.	
			Superunidad Sacota	Tonalita, granodiorita	Kt-bc/s-tn-gd	Roca con textura granular, compuesta principalmente por plagioclasas, cuarzo y anfíboles desarrollados.
	JURÁSICO		Superior	Superunidad San Luis	Cuarzodiorita	Js-bc/sl-dic
		Diorita		Js-bc/sl-di	Roca de textura granular, compuesta principalmente por plagioclasas y abundantes ferromagnesianos.	
		Medio	Complejo Santa Rita	Jms-csr	Complejo de diques.	

Figura 14. Unidades intrusivas del Segmento de Arequipa en el área de estudio (Fuente INGEMMET).

2.3.3 Unidades del batolito de la costa

Las unidades del área de estudio comprenden un rango cronológico amplio y las edades van desde el Jurásico medio hasta el Cretácico superior (Figura N° 14). Afloran rocas del Complejo Santa Rita y rocas intrusivas del Segmento de Arequipa constituida por las Superunidades San Luis, Sacota y Jaquí. Las relaciones de contacto de las unidades mencionadas, se representan en el mapa N° 3 y la figura N° 15.

2.3.3.1 Jurásico medio

- **Complejo Santa Rita**

Santos (2016) describe a esta unidad como un cuerpo de orientación N140° compuesto por un enjambre de diques de variada composición. La roca caja presenta foliación y es de composición diorítica. Además, mediante dataciones de U-Pb sobre zircones se obtuvo edades de 163.3 ± 1.1 y 157.7 ± 1.1 Ma. Sin embargo, Olchanski (1980) denomina a esta unidad como un complejo de rocas metamórficas formadas por el metamorfismo de contacto producido por la intrusión del Batolito de la Costa. Forma una faja de orientación N45°O y los protolitos corresponden a rocas sedimentarias, volcánicas, diorita y gabros.

En conjunto esta unidad metamórfica se encuentra como techos colgantes encima de los cuerpos intrusivos. Los contactos intrusivos son nítidos y subverticales y están conformados por hornfels así como metaareniscas, dioritas piroxénicas y microgabros hornfélsicos.

2.3.3.2 Jurásico superior – Cretácico superior

- **Segmento de Arequipa**

Este segmento está constituido por dioritas, cuarzodioritas, tonalitas, granodioritas y monzogranitos. En los estudios realizados por Santos (2016), este sector, se encuentra dividido en tres Superunidades: San Luis, Sacota, Jaquí.

- **Superunidad San Luis**

Morfológicamente, se presenta como cuerpos tabulares y aislados dentro de la Superunidad Sacota. Además, están cortados por stocks de la Superunidad Jaquí (Figura N° 16). Está conformada por dioritas y cuarzodioritas. Las dioritas presentan textura fanerítica granular y están compuestas por plagioclasas y abundantes ferromagnesianos. Por su parte, las cuarzodioritas se presentan con textura fanerítica granular y está compuesta por plagioclasas (40%), ferromagnesianos (50%) y cuarzo (10%). Según estudios geocronológicos de U-

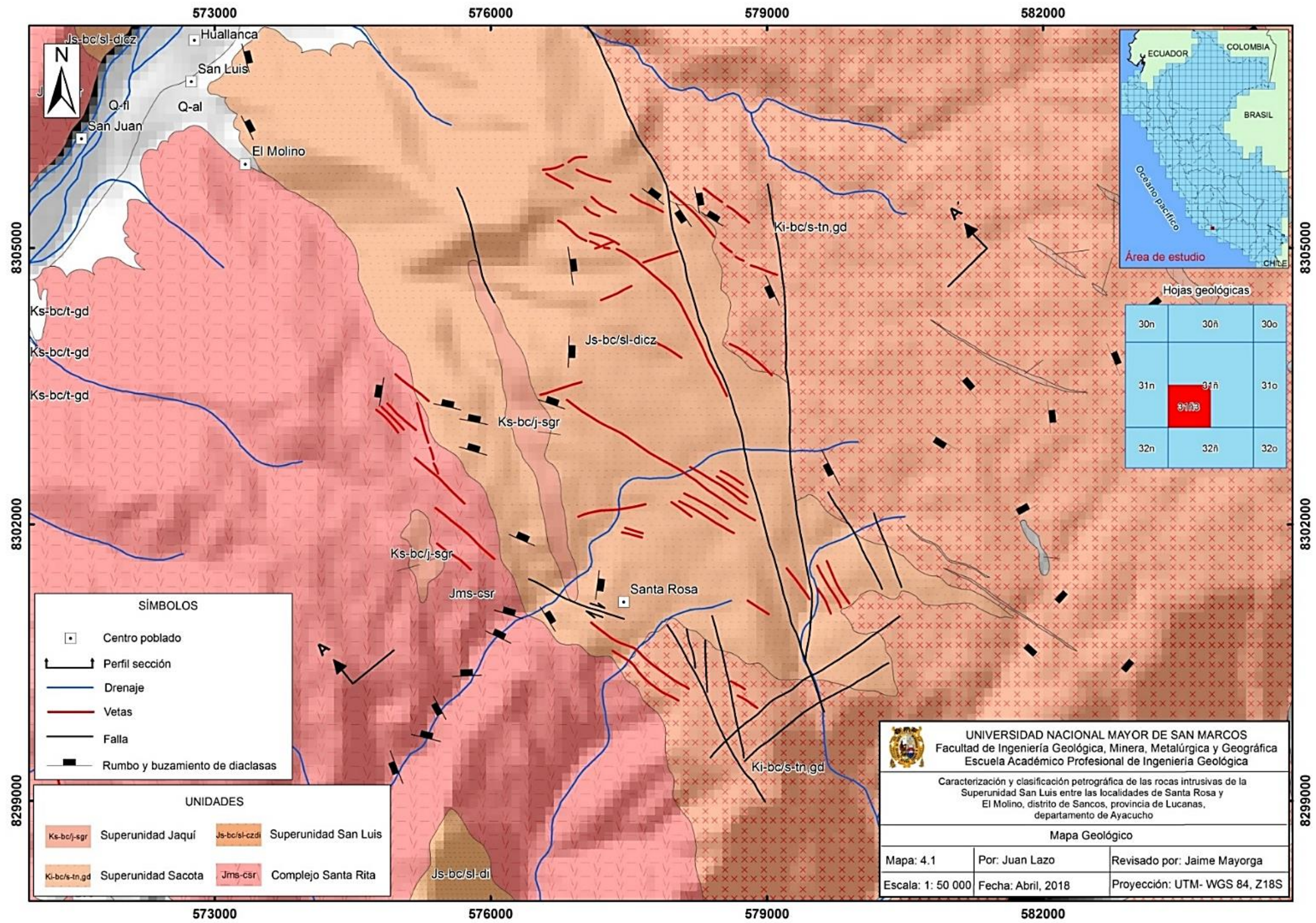
Pb en zircones, esta Superunidad. presenta una edad de 151.8 ± 1.2 a 141.24 ± 0.99 Ma (Santos, Wimin, Tassinari, Soberon, & Ccallo, 2016).

- **Superunidad Sacota**

Se presenta a modo de cinturón magmático de orientación N120°. Está conformada por tonalitas y granodioritas con textura fanerítica granular y compuesta por plagioclasas, cuarzo y anfíboles. Estudios de geocronología de U-Pb en zircones arrojan edades de 133.7 ± 1.7 Ma, 134.56 ± 0.83 Ma y 140.5 ± 0.87 Ma (Santos, Wimin, Tassinari, Soberon, & Ccallo, 2016).

- **Superunidad Jaquí**

Presenta geometría elongada con orientación N120° y está conformada por monzonitas y monzodioritas con textura fanerítica equigranular de grano fino a medio y compuesta por cristales de cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles y biotita (Santos, Wimin, Tassinari, Soberon, & Ccallo, 2016). Asimismo, en los alrededores del sector de Santa Rita y el Convento se encuentran cortando a los intrusivos de la Superunidad San Luis, tal como se observa en la figura N° 16. Geocronología de U-Pb sobre zircones, en esta Superunidad, proporcionan edades de 109 ± 4 Ma (Vidal, Injoque, Sidder, & Mukasa, 1990).



Mapa 3. Mapa geológico. (Fuente: INGEMMET)

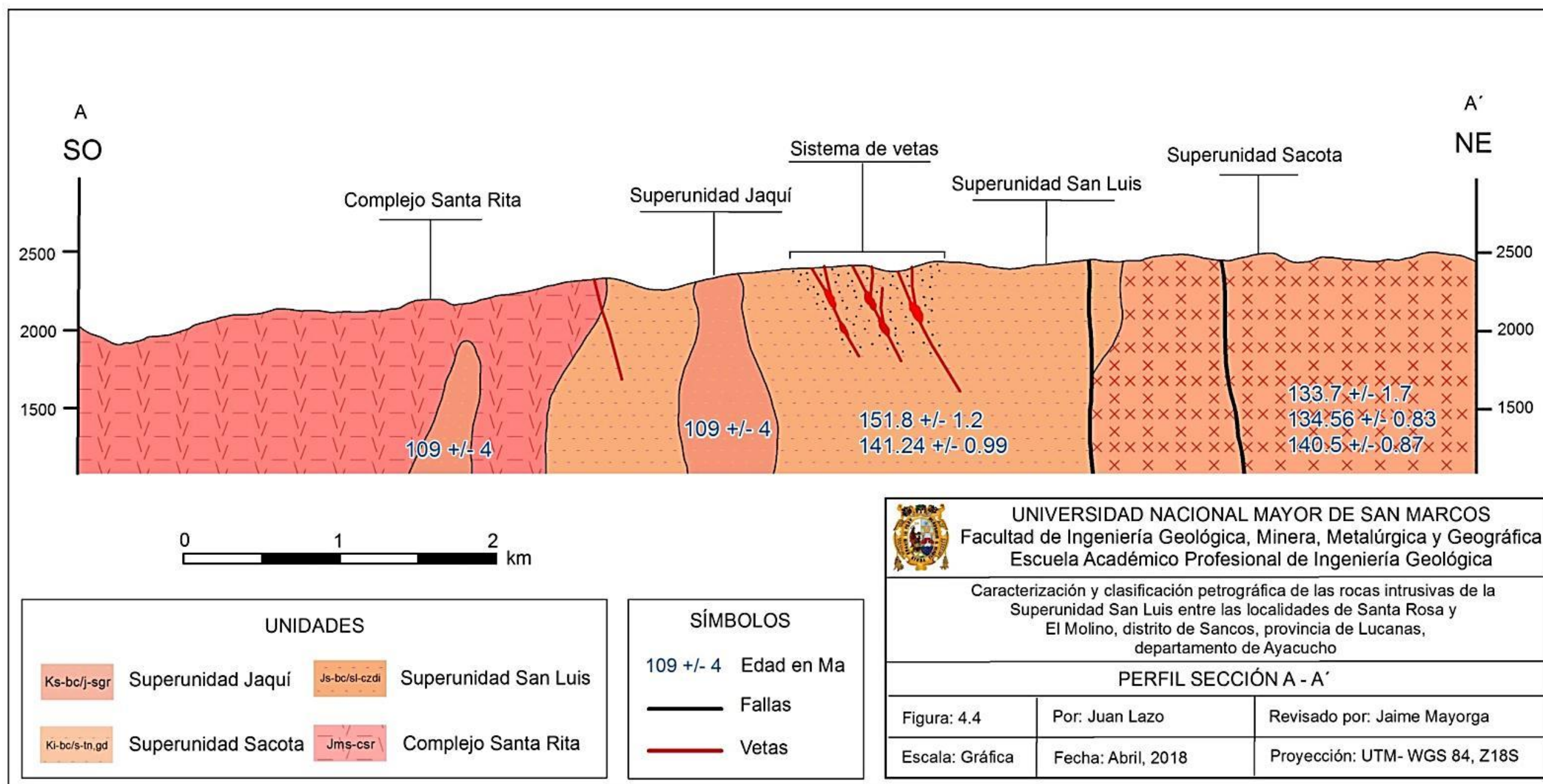


Figura 15. Perfil sección mostrando la disposición de las Superunidades San Luis, Sacota, Jaquí y el Complejo Santa Rita. (Fuente INGEMMET)

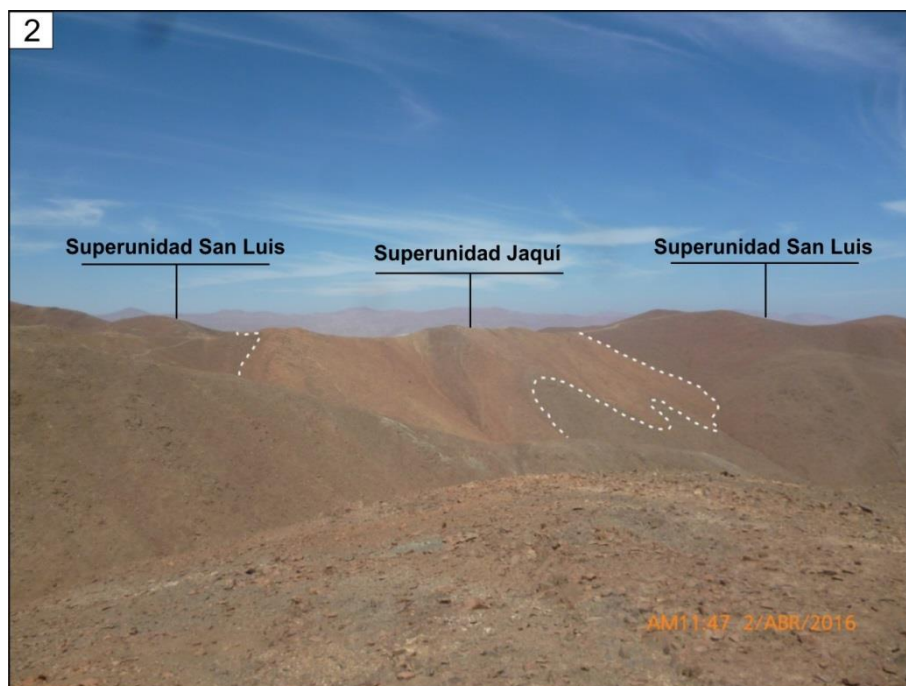


Figura 16. 1-2. Stocks de monzogranito de la Superunidad Jaquí cortando a cuarzodioritas de la Superunidad San Luis. Localidades del Santa Rita y el Convento respectivamente. Vista al sureste (Fuente El autor).

2.3.4 Contexto estructural

Acosta (2008) menciona que en el sur del Perú se han identificado siete sistemas de fallas regionales NO – SE. Estas estructuras están relacionadas principalmente con los movimientos tectónicos del ciclo andino que han generado ruptura frágil, lo que ha resultado en un fallamiento en bloques (Olchowski, 1980).

Los principales sistemas de fallas son: Sistema de fallas Ica – Islay – Ilo, Sistema de fallas Nazca – Ocoña, Sistema de fallas Cinta – Lluta, Sistema de fallas Incapuquio, Sistema de fallas Caylloma – Condoroma, Sistema de fallas Cusco – Lagunillas – Mañazo y el Sistema de fallas Urcos – Sicuani – Ayaviri.

El área de estudio se encuentra limitado al este por el sistema de fallas NO – SE denominado Nazca – Ocoña y al oeste por el sistema de fallas NO – SE denominado Ica – Islay – Ilo. Estos sistemas de fallas forman una franja caracterizada por lineamientos NO – SE, E – O, NE – SO y el sistema de vetas NO – SE, tal como se observa en el mapa N° 4.

2.3.4.1 Sistema de fallas regionales

- **Sistema de fallas Nazca – Ocoña**

Este Sistema de fallas está constituido principalmente por fallamiento longitudinal normal (NO-SE) comprendiendo una franja aurífera entre las provincias de Ica, Palpa, Nazca (Dpto. de Ica) y Caravelí, Camaná, Condesuyos, Arequipa e Islay (Dpto. de Arequipa) con una superficie aproximada de 59 616 Km² (Calderón, 2015).

- **Sistema de fallas Ica – Islay – Ilo**

El Sistema de Fallas Ica-Islay-Ilo se encuentra en la costa y pasa por Ica, Arequipa y Moquegua. Inicialmente se comportó como una falla transcurrente dextral y posteriormente como una normal. Esta falla controló el magmatismo durante el Jurásico – Cretácico inferior y se manifiesta como un rift o enjambres de diques (Injoque, 2001). Un aspecto a resaltar es el cambio de dirección de NO – SE a E – O a la altura de los 16°S (Mapa N° 4).

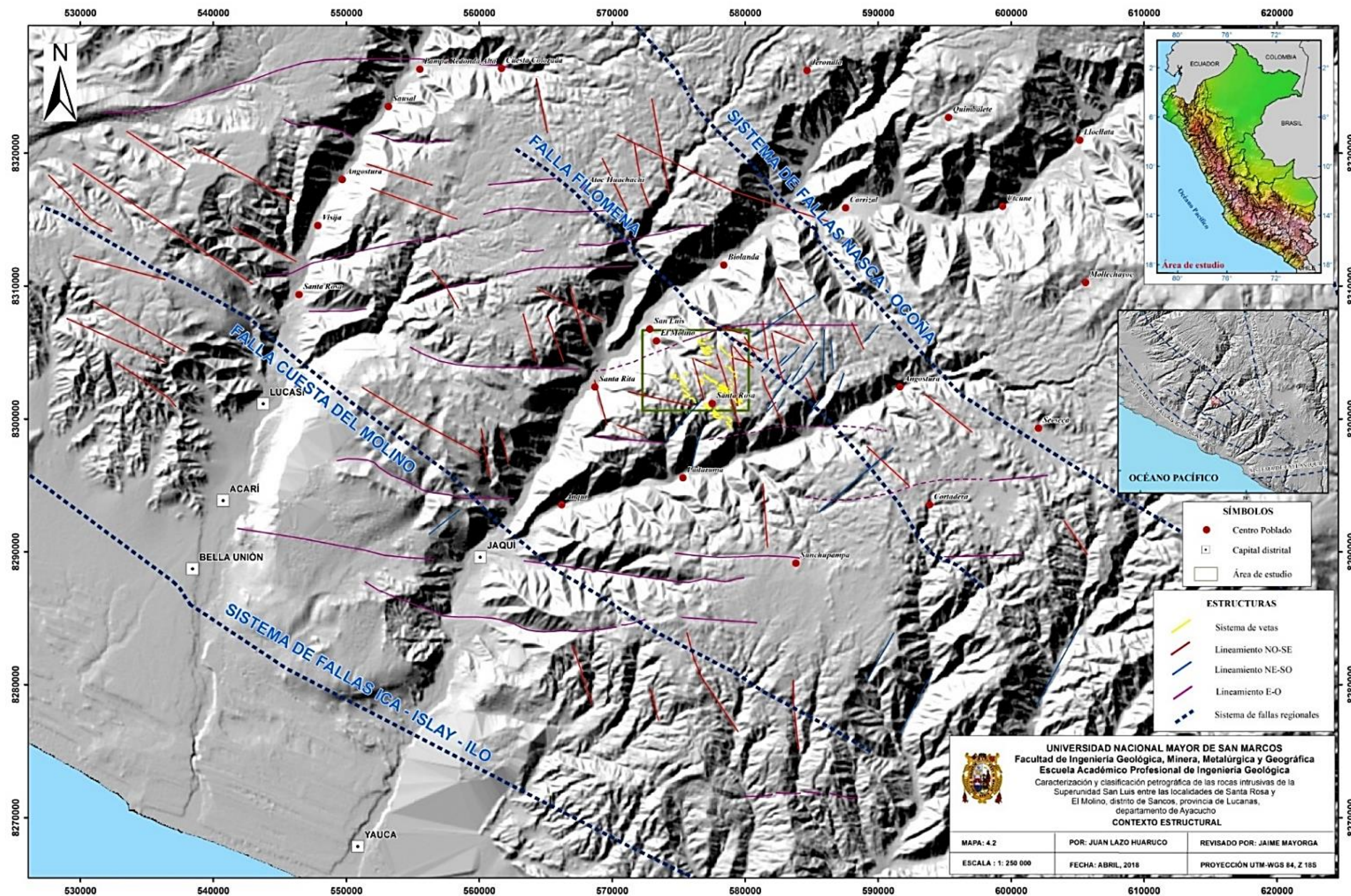
2.3.4.2. Lineamientos fotointerpretados

Los Lineamientos Regionales longitudinales NO-SE más importantes están dados por la Falla Regional Cuesta del Molino que lleva el control en la zona de Cobrepampa (Calderón, 2015), ubicado al noroeste de la zona de estudio y caracterizado por presentar vetas de cobre. Asimismo, la Falla Filomena es la que controla el emplazamiento de las vetas de Au de los sectores de Canchete, Santa Filomena y San Luis (Calderón, 2015).

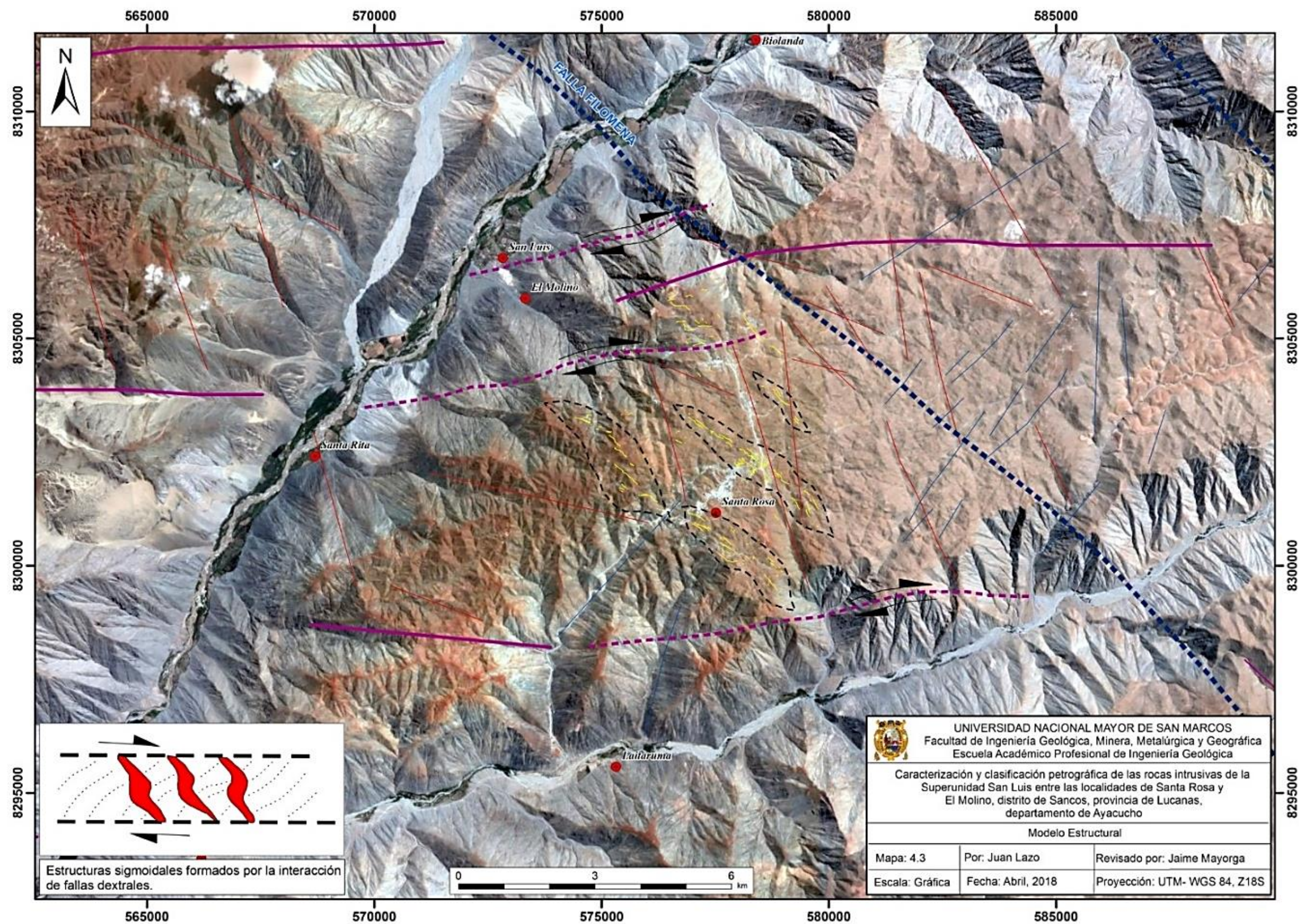
Con la ayuda de imágenes obtenidas de la plataforma Gogle Earth y modelos de elevación digital (DEM) con el software Arcgis 10.3, se han establecido tres sistemas de lineamientos: NO – SE, E – O y NE - SO (Mapa N° 4).

Se presentan dos sistemas principales que son los que controlan la mineralización en la zona. El primero corresponde al sistema andino NO-SE y otro de respuesta E-O (apertura de vetas) que forman estructuras sigmoidales albergando la mineralización económica en las zonas de Santa Rita y Santa Filomena.

Además, se puede observar a una escala regional que el sistema de vetas en conjunto presenta geometría sigmoidal. Estas estructuras probablemente han sido formadas por la dinámica compresiva y de carácter tensional de las fallas regionales NO – SE, que han generado juegos de bloques y las fallas E – O que actúan como esfuerzos de extensión con apertura y relleno de estructura. Calderón (2015) al respecto, describe estos sistemas E-O como fallas dextrales, siendo las que producen probablemente la dispersión de las vetas y serían posterior al emplazamiento de los plutones. Asimismo, relaciona estas fallas E – O con el sistema de Fallas Iquipi – Clavelinas, que según Roperch et al (2006), corresponden a fallas de tipo normal y con componente dextral. El Modelo estructural preliminar se presenta en el mapa N° 5.



Mapa 4. Contexto estructural. (Fuente: INGEMMET)



Mapa 5. Modelo estructural local. (Fuente: INGEMMET)

2.3.5 Contexto metalogenético

La mineralización en la zona de estudio está asociada a procesos tectónicos y magmáticos ocurridos durante la orogenia andina de la costa sur del Perú. La ocurrencia de la mineralización se encuentra a modo de relleno de fallas y fisuras.

Estas estructuras se encuentran hospedadas en rocas intrusivas del Batolito de la costa. La mineralogía, generalmente, está compuesta por cuarzo, pirita, oro y contenidos menores de calcopirita, galena, esfalerita y en ocasiones magnetita, tetraedrita, boulangerita y bournonita (De montreuil, 1979). Generalmente las estructuras mineralizadas están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que constituyen el corredor Nazca-Ocoña (Acosta , Quispe , Santisteban, & Acosta, 2008).

2.3.5.1. Franjas metalogenéticas

Las franjas metalogenéticas representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la mineralización de depósitos minerales. Quispe et al., (2008) definieron 23 franjas metalogenéticas en todo el territorio peruano. El área de estudio se encuentra dentro de la franja denominada: IX Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico superior, tal como se observa en el mapa N° 6.

- **IX Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones del Cretácico superior**

Estructuralmente, la franja se encuentra en el borde oeste de la cuenca Arequipa y el arco magmático, lo que corresponde en gran medida al Batolito de la Costa, limitado por fallas NO-SE del sistema Ica; mientras que el borde este está dado por fallas NO-SE.

Carlotto et al., (2009) menciona que, esta franja, se extiende discontinuamente en tres áreas: Trujillo (Cerro Ballena; 9°30'-10°), Canta (Lomada-Caracol-Lajas; 11°-11°30') y Sarmarica-Nazca-Ocoña (14°30'-17°). La zona de Sarmarica-

Nazca-Ocoña es la más importante por la presencia de los prospectos y depósitos como Orión, Porvenir, María Auxiliadora, Cerro Canchete y Mina San Luis (Mapa N° 6) (Acosta , Quispe , Santisteban, & Acosta, 2008). A continuación, se describen brevemente algunos de los yacimientos de esta franja.

- **Orión**

Ubicado en el cerro Orión, 30 km al norte del pueblo de Chala, en el distrito de mismo nombre, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, con una altitud promedio de 1713 msnm. En el sector afloran lutitas y areniscas de la formación Yauca, que sobreyacen en discordancia a los volcánicos sedimentarios de la formación Guaneros; ambas formaciones se encuentran intruídas por monzonitas y dioritas de la Superunidad Linga y por dacitas y andesitas del complejo Bella Unión. Las estructuras mineralizadas presentan rumbo de N45°O, buzamiento 76°NE y potencia variable que va de 0.50 y 1.50 m. Las principales vetas corresponden a veta Francia, Francia Alta, Ana María, Bonanza, Orión y Ana María 2. La zona de oxidación presenta una profundidad de 100 m con presencia de hematita, crisocola, limonita, oro nativo y minerales primarios parcialmente oxidados. Resultados analíticos reportan valores de 6.17 y 53 g/TM en Au, 0.7 y 2.5 g/TM de Ag (Loaiza, Zárate, & Galloso, 2008).

- **Porvenir**

Ubicado en el cerro del mismo nombre, aproximadamente a 5 km al NE de la mina Orión. Pertenece al distrito de Chala, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, a una altitud de 2227 msnm. Las estructuras están emplazadas en intrusivo granodiorítico. La veta se encuentra manteada y en superficie el afloramiento mide aproximadamente 100 m, con rumbo N15°E y buzamiento 25°O y potencia de 0.25 m. Los resultados de los análisis químicos reportaron valores de 26.67 gr/TM de Au y 10.8 gr/TM de Ag (Loaiza, Zárate, & Galloso, 2008).

- **María Auxiliadora**

Se encuentra ubicado en la falda occidental del cerro Colorado, cerca de la quebrada La María. Pertenece al distrito de Chala, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa a una altitud promedio de 1980 msnm. En el área afloran las andesitas del volcánico Chocolate (Jurásico Superior) y constituyen la roca – caja de las estructuras mineralizadas. La mina tiene tres vetas principales, dos de ellas afloran 600 m aproximadamente con rumbo N12°E y buzamiento 75°O alcanzando una potencia promedio de 0.75 m. La tercera veta se reconoce por tramos que alcanzan 250 m, su rumbo es de N-S, buzamiento 70°O y potencia de 0.60 m. Estas vetas han sido cortadas por sistemas de fallas de rumbo N80°O y buzamiento 65°N. La mineralización consiste de cuarzo, calcita, siderita, pirita, rodocrosita y algo de calcopirita y galena. Es probable que el oro se encuentre en solución sólida dentro de la pirita. Los análisis químicos de dos muestras reportan: 41.5 y 48.5 gr/TM de Au, 44 y 84 gr/TM de Ag, 1 y 0.8 % de Cu y 15.2 % de Pb (Loaiza, Zárate, & Galloso, 2008).

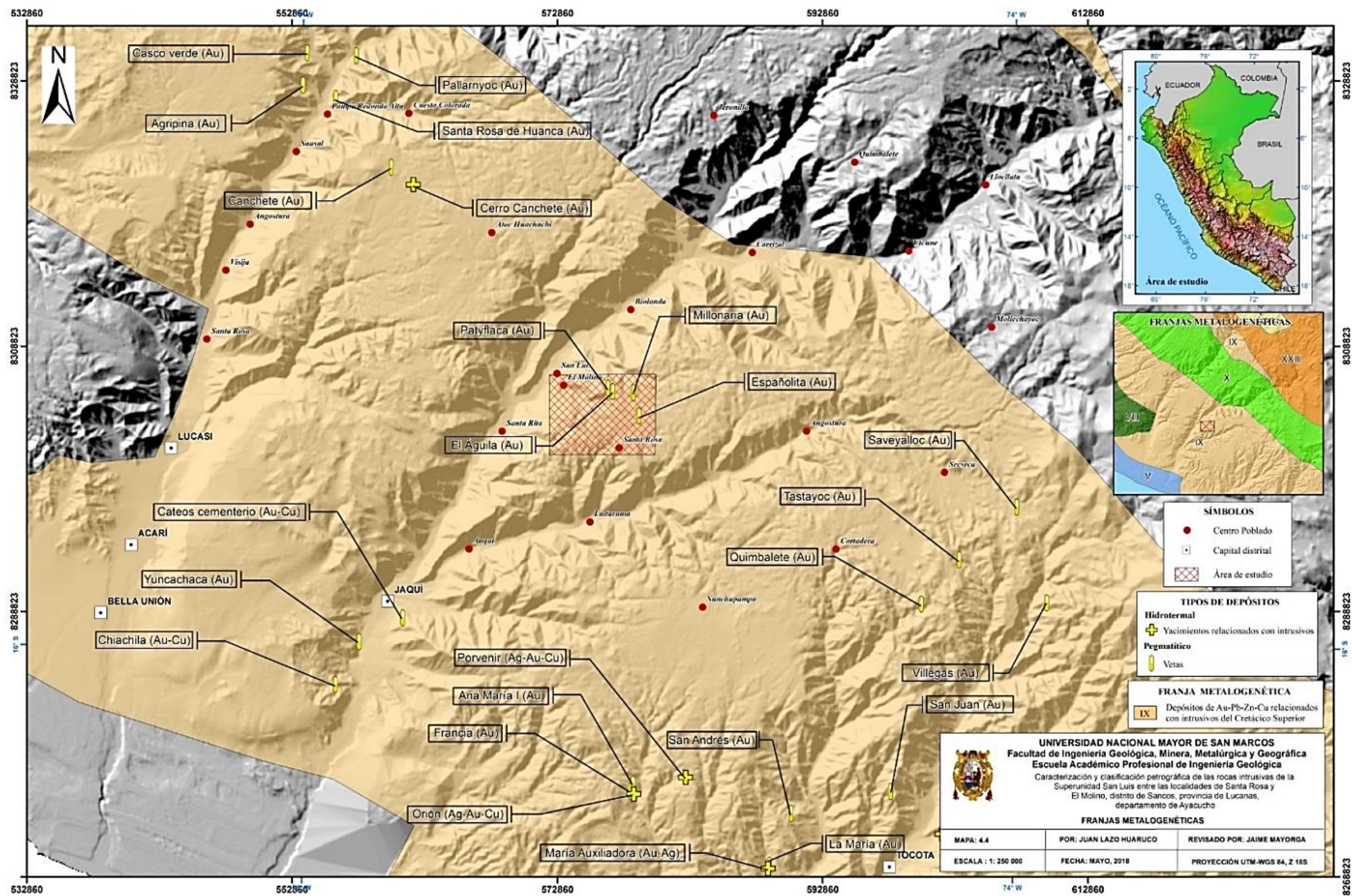
- **Cerro Canchete**

Está ubicado en el paraje Cerro Chanca Arena en el distrito de Acarí, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. Se encuentra a una altitud promedio de 2100 msnm. En la zona afloran granodioritas y dioritas de la Superunidad Tiabaya y rocas volcánicas del Terciario (volcánico Sencca). Asimismo, las estructuras afloran de decenas y centenas de metros y presentan rumbo NO-SE y E-O con buzamiento vertical a subvertical. La mineralización corresponde a relleno de fisuras preexistentes rellenos de cuarzo masivo junto con óxidos de hierro, sulfato de cobre y diseminación de pirita. El oro se presenta en estado libre y asociado a cuarzo y pirita. Los resultados analíticos de seis vetas reportan: 1.4, 5.4, 12.6, 11.6, 45.8 y 9.4 gr/TM de Au (Loaiza, Zárate, & Galloso, 2008).

- **Mina San Luis**

Ubicado en el distrito de Sancos, provincia de San Juan de Lucanas, departamento de Ayacucho. Se encuentra a una altura promedio de 2340 msnm. Las estructuras mineralizadas están emplazadas en las rocas intrusivas de la Superunidad Tiabaya. De acuerdo a la composición modal, corresponden a diorita – tonalita, la cual grada localmente a granodiorita. La veta principal, San

Luis, aflora aproximadamente 800 m y presenta rumbo N50°O y buzamiento 45°NE, alcanzando una potencia de veta promedio de 1.20 m. La mineralización consta de cuarzo ahumado en forma discontinua y lenticular junto con calcopirita y pirita. El oro está libre y se encuentra en los óxidos de hierro (hematita, goethita) junto con jarosita, calcita y cloritas. El análisis químico de dos muestras mostró los siguientes resultados: 0.11 y 19.9 gr/TM de Au, 3 y 4.7 ppm de Ag, 40 y 112 ppm de Cu, 14.3 y 10.2 ppm de Mo (Loaiza, Zárate, & Galloso, 2008).



Mapa 6. Franjas metalogenéticas. (Fuente: INGEMMET)

2.4. Glosario

Peneplanicie subandina

Constituye una superficie casi plana debido a la erosión normal de las aguas corrientes, que desgastaron las elevaciones y las fueron aplanando. Es el paisaje desarrollado hacia el penúltimo ciclo de denudación, a partir de un territorio que anteriormente constituía una cordillera.

Segmento de Arequipa

Es un conjunto de intrusivos agrupados de acuerdo a sus similitudes litológicas, geoquímicas y geocronológicas.

Batolito de la costa

Se refiere una serie de intrusiones paralelas a la costa del Perú. Se extienden en un área de 1600 km de largo y 60 km de ancho.

Caracterización mineralógica

Se refiere a la determinación de los minerales presentes en una muestra basados en la descripción de las características físicas y texturales. Para ello, se pueden aplicar diversas técnicas analíticas como: microscopía óptica, difracción de rayos X, análisis por fluorescencia de rayos X (XRF), microscopía electrónica, etc.

Análisis litogeoquímico

Es la determinación cuantitativa de los elementos químicos que constituyen una muestra de roca, utilizando técnicas analíticas, por ejemplo, ICP – MS.

Clasificación modal

Es aquella clasificación basada en la composición mineralógica de una muestra de roca.

Clasificación geoquímica

Es aquella clasificación basada en la composición química de una muestra de roca.

Magnetismo

Es aquella propiedad de algunos minerales de producir fuerzas de atracción o repulsión sobre los otros materiales.

Alteración hidrotermal

Es el resultado de la transformación de la mineralogía original primaria de una roca en una nueva asociación de minerales secundarios, más estables, bajo nuevas condiciones temperatura, presión y composición de fluidos.

Granular hipidiomórfica

Término utilizado para nombrar la relación textural de una roca intrusiva compuesta por minerales euhedrales, subhedrales y anhedrales.

Textura

Término utilizado para describir el aspecto general de una roca en función del tamaño, forma y ordenamiento de los cristales que la componen.

Anfíbol

Los anfíboles son un conjunto de minerales de la clase de los silicatos, grupo inosilicatos.

Mineral

Sustancia inorgánica de propiedades físicas y químicas definidas, que permiten su diferenciación y reconocimiento. Presenta propiedades ópticas, químicas, térmicas y eléctricas, dureza, ductibilidad, maleabilidad, etc.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 General

Las rocas de la Superunidad San Luis, de acuerdo a las observaciones preliminares, serían cuarzodioritas.

3.1.2 Específica

El contenido de cristales de plagioclasas, cuarzo y feldespatos potásicos, podrían variar de modo de que las rocas de la Superunidad San Luis serían de composición cuarzodiorítica.

3.2 Identificación de variables

3.2.1 Independiente

Las variables independientes del presente trabajo son:

- El contenido de plagioclasas, cuarzo y feldespato potásico.

3.2.2 Dependiente

La variable dependiente del presente trabajo es:

- El intrusivo denominado Superunidad San Luis.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y diseño de la investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Existen varios tipos de investigación científica y dependen del método y de los objetivos que se quieren alcanzar. La investigación, es un proceso dirigido a dar solución a un problema planteado. Una misma investigación puede comenzar con fines exploratorios y terminar siendo descriptiva, correlacional y explicativa. Todo va a depender de los objetivos del investigador (Hernández, 2010). El procedimiento utilizado de manera lógica para la presente tesis conlleva a una investigación del tipo descriptiva.

4.1.2 Diseño de la investigación

El diseño constituye al plan general o estrategia del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o para obtener la información que se desea.

Las investigaciones con diseño no experimental son aquellas que se realizan sin manipular las variables independientes; se basa en sucesos que ya ocurrieron. El investigador no interviene. En este tipo de investigación, los hechos y variables ya ocurrieron. Asimismo, se observan las variables y las relaciones entre estas en su contexto natural (Hernández, 2010). El diseño del presente trabajo de investigación es del tipo no experimental.

4.2 Instrumentos de investigación

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación fue necesario utilizar herramientas, equipos y programas especiales, con el fin de cumplir con los objetivos planteados. Se utilizaron las siguientes herramientas:

Materiales de campo:

- Picota,
- Brújula, 01
- GPS,
- Lupa
- Lápiz rayador
- Libreta de campo,
- Plano geológico: 1: 50 000

Equipos:

- Microscopio óptico de polarización
- Difractómetro de rayos X
- Plancha calentadora

Reactivos:

- Solución de Cobaltonitrito de sodio.
- Ácido Fluorhídrico al 52 %

Software

- Arcgis
- Corel Draw

4.3 Procesos

La presente tesis se enfoca en determinar las características y clasificación petrográfica de las rocas intrusivas que afloran en entre las localidades de Santa Rosa y El Molino, mediante la aplicación de técnicas analíticas ópticas, tinción

de feldespatos y difracción de rayos X, para lo cual fue necesario desarrollar el siguiente proceso (Figura 17):

4.3.1 Pre campo

- Búsqueda de información bibliográfica relacionados al tema de investigación y estudios anteriores desarrollados dentro o alrededor del área de estudio.
- Análisis de imágenes satelitales de la plataforma Google Earth.
- Preparación de herramientas para el trabajo de campo.
- Uso del software Arcgis para la elaboración de mapas temáticos a escala 1: 50 000, 1: 250 000

4.3.2 Campo

- Descripción de afloramientos con ubicación GPS y fotografía.
- Recolección de muestras con ubicación GPS y fotografía, asimismo la recolección fue realizada de forma aleatoria tomando en cuenta las necesidades de los objetivos.
- Esta etapa se realizó en una campaña de campo.

4.3.3 Aplicación de técnicas de caracterización mineral

- Microscopía óptica: Estudio petrominerográfico
- Tinción de feldespatos potásicos
- Difracción de rayos X (DRX)

4.3.4 Integración y sistematización de información

- Integración de información de campo y resultados de laboratorio para el análisis de las características y clasificación petrográfica y geoquímica de las muestras.

4.3.5 Redacción de tesis

- Redacción de capítulos I, II, III, IV y V

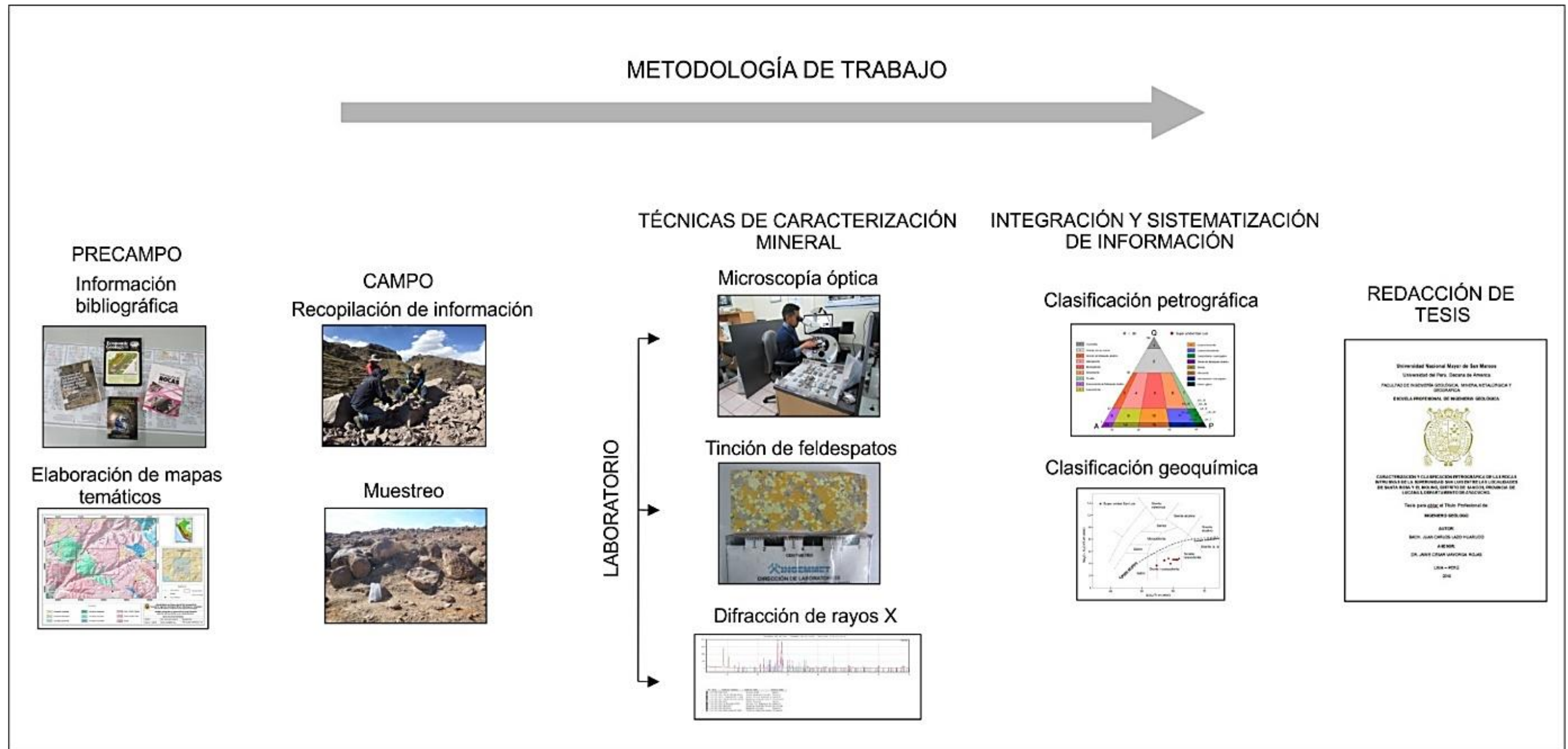


Figura 17. Etapas de la metodología de trabajo para el desarrollo de la tesis.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Selección de muestras

La recolección de muestras fue realizada de forma aleatoria tomando en cuenta las necesidades de los objetivos. Con la finalidad de efectuar el estudio de caracterización y clasificación petrográfica, se han seleccionado un total de 8 muestras correspondientes a 8 puntos de observación geológica. En cada muestra se han aplicado técnicas caracterización mineralógica, entre ellas, petromineragrafía, tinción de feldespatos y difracción de rayos X (DRX), (Tabla N° 2).

Tabla 2. Muestras para estudios de caracterización y clasificación petrográfica (Fuente El Autor).

ESTUDIOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA							
ID	Código	Superunidad	Coordenadas		Técnicas de caracterización		
			Norte	Este	DRX	Tinción	Petromineragrafía
1	LH-6	San Luis	8303643	576658	X	X	X
2	LH-7	San Luis	8304019	577211	X	X	X
3	LH-10	San Luis	8303271	576868	X	X	X
4	LH-12	San Luis	8302627	577036	X	X	X
5	LH-25	San Luis	8304383	575270	X	X	X
6	LH-26	San Luis	8304831	576570	X	X	X
7	LH-28	San Luis	8301549	577369	X	X	X
8	LH-30	San Luis	8300883	578190	X	X	X

5.2. Difracción de rayos x (DRX)

La tabla N° 3 muestra las fases minerales identificadas mediante esta técnica. Se resalta, del grupo de las plagioclasas, la presencia de Andesina y, del grupo de los anfíboles, la presencia de Hornblenda, siendo estas especies minerales característicos de rocas de composición intermedia.

Tabla 3. Resultados de los análisis por Difracción de Rayos X (DRX) en muestras de la Superunidad San Luis, destacándose la presencia de Andesina y Hornblenda (Fuente El autor).

LH - 6		LH - 7		LH - 10		LH - 12	
Mineral	%	Mineral	%	Mineral	%	Mineral	%
Andesina	36.3	Andesina	36.69	Andesina	37.37	Andesina	29.81
Cuarzo	27.04	Cuarzo	29.28	Cuarzo	27.06	Flogopita	27.31
Hornblenda	19.08	Flogopita	17.08	Flogopita	18.82	Cuarzo	25.82
Flogopita	10.98	Hornblenda	9.9	Hornblenda	11.57	Hornblenda	9.55
Clorita	3.27	Microclina	3.21	Clorita	2.35	Microclina	4.83
Hedembergita	2.08	Pentlandita	1.94	Hedembergita	1.91	Johachidolita	1.6
Pentahidrita	0.65	Epidota	1.08	Ankerita	0.92	Clorita	1.08
Calcita	0.6	Clorita	0.82	-	-	-	-
LH - 25		LH - 26		LH - 28		LH - 30	
Mineral	%	Mineral	%	Mineral	%	Mineral	%
Andesina	41.43	Andesina	46.03	Andesina	37.72	Cuarzo	37.88
Cuarzo	31.27	Cuarzo	20.7	Cuarzo	27.71	Andesina	28.35
Flogopita	8.55	Hornblenda	15.43	Flogopita	14.34	Flogopita	18.6
Calcita	6.94	Flogopita	7.05	Hornblenda	12.94	Clorita	7.78
Clorita	4.68	Clorita	4.83	Microclina	7.29	Hornblenda	4.96
Hornblenda	2.98	Johannsenite	2.98	-	-	Ankerita	2.43
Pentlandita	1.56	Magnesita	1.97	-	-	-	-
Heazlewoodite	1.31	Pentahidrita	1.01	-	-	-	-
Portlandita	1.28	-	-	-	-	-	-

5.3 Tinción de feldespatos potásicos

Los resultados de la tinción muestran un contenido máximo de 4% de feldespatos potásicos (Figura 5.1).

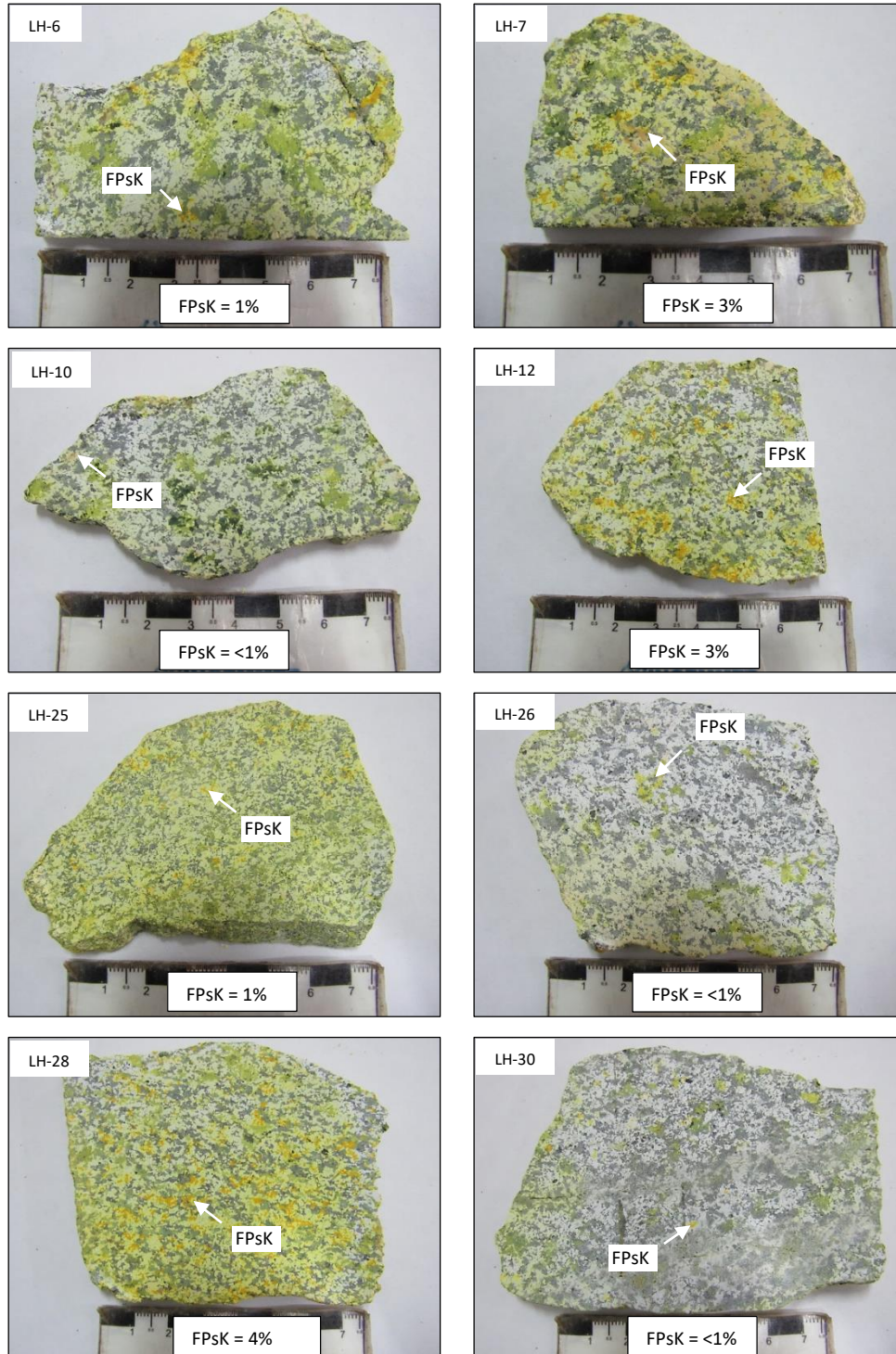


Figura 18. Tinción de feldespatos potásicos (FPsK) en rocas intrusivas de la Superunidad San Luis. El contenido máximo de feldespatos potásicos es de 4% (Fuente El autor).

5.4 Estudio petrográfico

El estudio petrográfico se realizó a escala macroscópica y microscópica. Para la descripción macro se utilizó una lupa de 20x, imán y ácido clorhídrico resaltando las características físicas y texturales en muestra de mano. La descripción microscópica se realizó mediante el análisis en sección delgada pulida, utilizando un microscopio petrográfico marca LEICA, modelo DM2500P, con objetivos de aumentos de 2.5x - 5x - 10x y 20x.

5.4.1 Petrografía

Descripción macroscópica y microscópica

En general, todas las muestras presentan composición mineralógica similar. En muestra de mano son compactas, presentan color gris blanquecino a medianamente oscuro y textura fanerítica de grano medio a grueso. Está compuesto por plagioclasas, cuarzo, anfíboles y biotita. No se observa alteración. Además, posee densidad media y un moderado a débil magnetismo (Figura N° 19).

Microscópicamente presenta textura granular hipidiomórfica (Figura N° 20a, 20b) y está compuesta por andesina (50 -62%), cuarzo (10 – 15 %), hornblenda (15 - 25 %), biotita I (5 – 10%) y cantidades accesorias de magnetita (1 – 2 %) y feldespatos potásicos (1 - 3%). Asimismo, presenta apatito (traza), zircón (traza), epídota I (traza), piroxenos (traza) y esfena (traza), como se muestra en la tabla 5.3. La alteración es incipiente a débil, presentando minerales secundarios como cloritas, epídota II, biotita II, carbonatos, illita, esmectita y hematita. Los cristales de andesina presentan formas euhedrales y subhedrales, están maclados y, algunos, muestran zonación. Además, están débilmente alterados a illita, esmectita y epídota II. Los cristales de cuarzo son anhedrales y, algunos, muestran extinción ondulante. La hornblenda, en ocasiones, se encuentra maclada, además, es común encontrarla con inclusiones de apatito, cuarzo y magnetita, formando textura poiquilítica y, además, presentan débil alteración a cloritas, carbonatos, epídota II y biotita II. Los cristales de biotita I (primaria) están débilmente alterados a cloritas, biotita II, epídota II y carbonatos, asimismo, contiene inclusiones euhedrales de apatito y esfena. La biotita II (secundaria)

ocurre a modo de agregados microfibrosos. La magnetita se encuentra como inclusión en anfíboles y presentan débil reemplazamiento a hematita a lo largos de sus bordes y planos de clivaje. Los feldespatos potásicos son anhedrales y presentan macla de la microclina. Los cristales de epídota I (primarios) ocurren con formas subhedrales y presentan zonación, frecuentemente, se encuentra junto con biotita I y hornblenda. La epídota II (secundaria) es anhedral y ocurre como reemplazamiento de biotita I, hornblenda y andesina. Los cristales de zircón son euhedrales y se encuentran dispersos. Asimismo, los piroxenos están uralitizados, mostrándose a modo de relictos. Los carbonatos ocurren a modo de agregados irregulares y las cloritas como agregados microfibrosos, producto de alteración de biotita I y hornblenda (Figura N° 20).

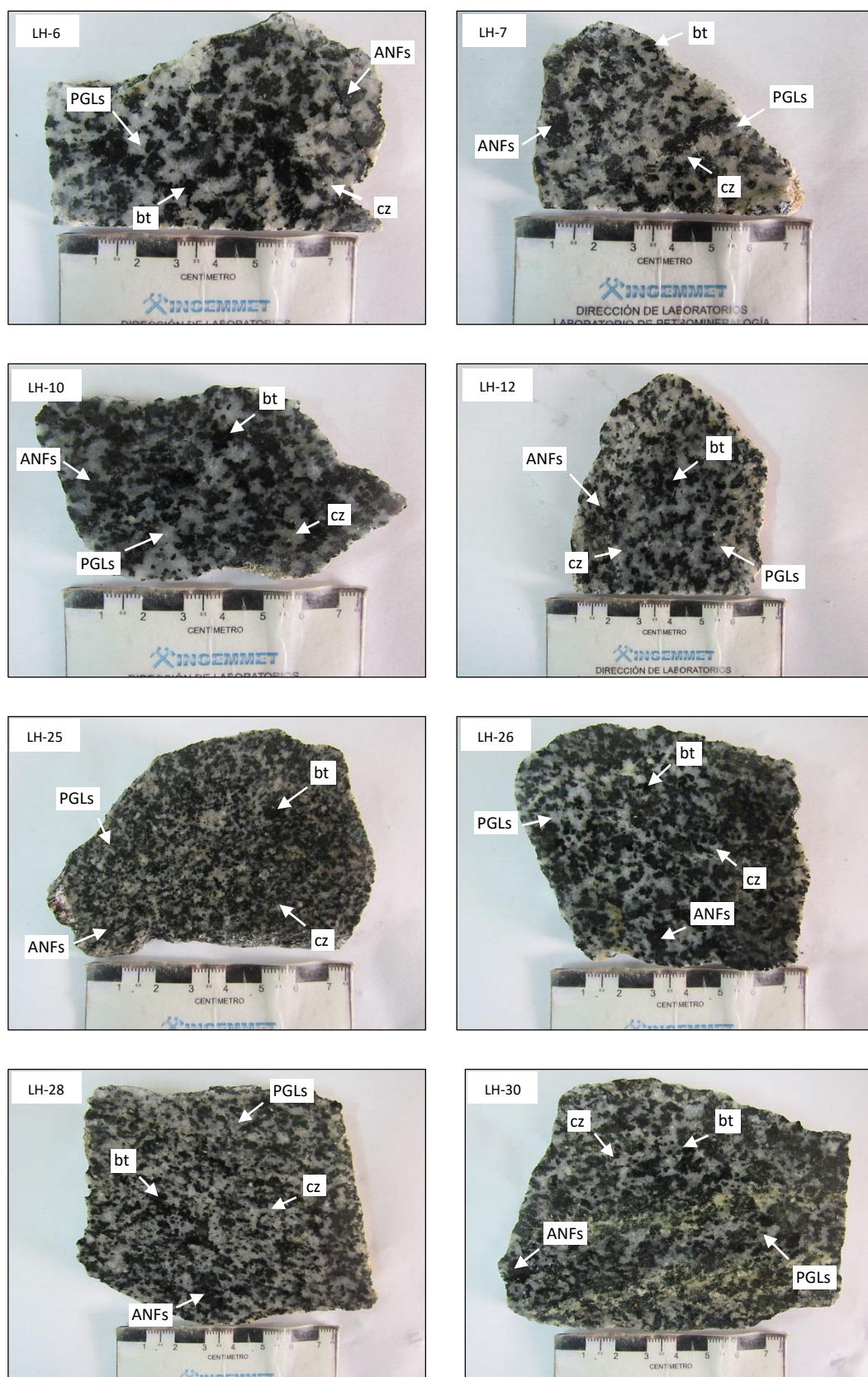
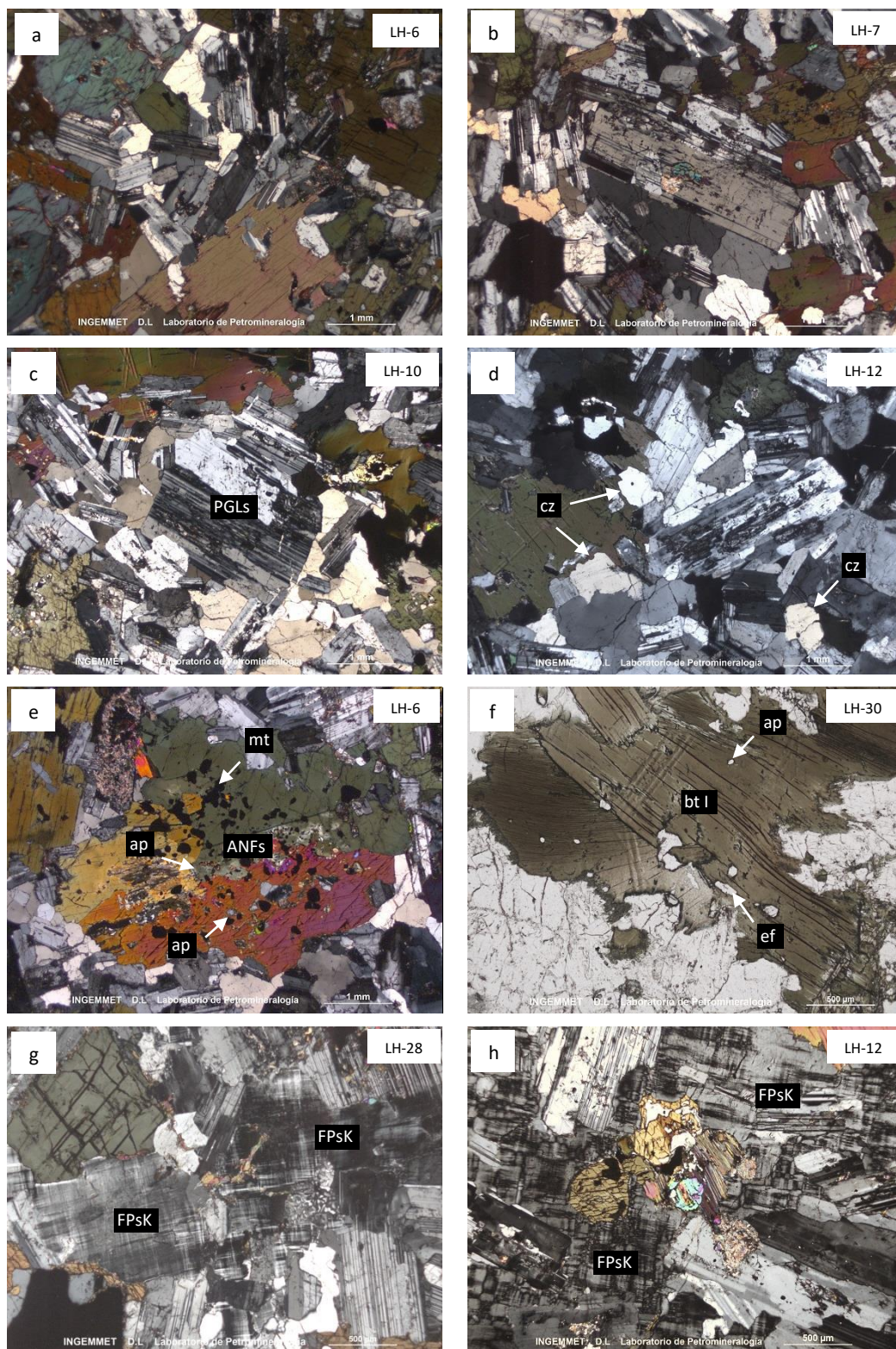


Figura 19. Rocas intrusivas de la Superunidad San Luis, de color gris medianamente oscuro, textura fanerítica de grano medio a grueso, compuestas por plagioclasas (PGLs), cuarzo (cz), anfíboles (ANFs) y biotita (bt). La alteración es incipiente (Fuente El autor).



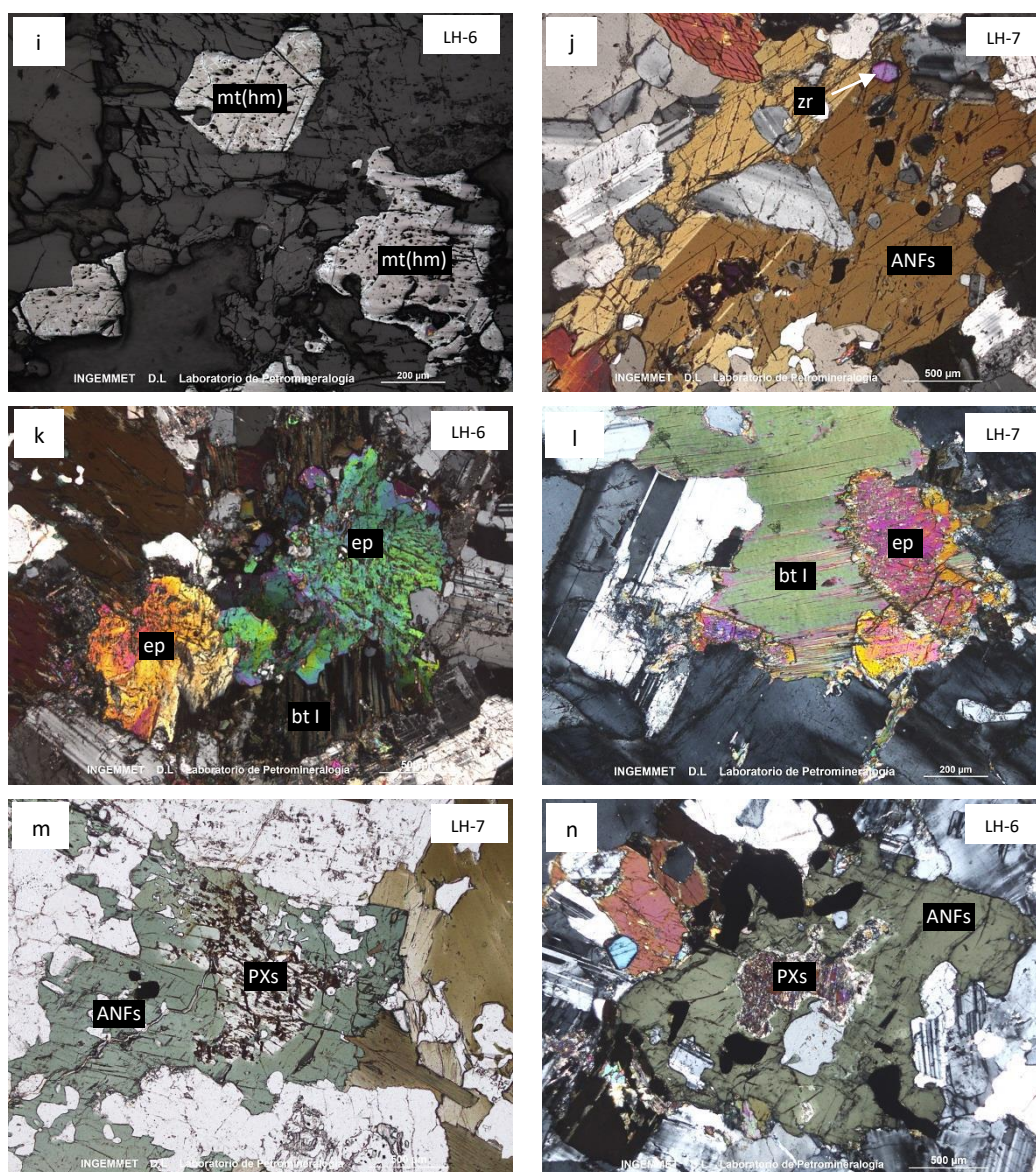


Figura 20. Fotomicrografías de texturas en las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis. **a – b.** Textura granular hipidiomórfica. **c – d.** Cristales euhedrales de plagioclasas (andesina). Cristales anhedrales de cuarzo. **e.** Cristal de hornblenda, maclado con inclusiones de apatito, cuarzo y magnetita, formando textura poiquilítica. **f.** Cristal de biotita I con inclusiones de apatito y esfena. **g – h.** Cristales anhedrales de feldespatos potásicos con macla de la microclina. **i.** Magnetita subhedral ligeramente reemplazados por hematita. **j.** Cristal euhedral de zircón incluido en hornblenda. **k - l.** Cristales subhedrales y anhedrales de epidota I intercrecidos con biotita I. **m – n.** Piroxenos parcialmente uralitizados, mostrándose a modo de relictos.

Abreviaturas: **PGLs:** plagioclasas; **cz:** cuarzo; **FPsK:** feldespatos potásicos; **ANFs:** anfíboles; **bt I:** biotita I; **zr:** zircón; **ef:** esfena; **ep I:** epidota I; **PXs:** piroxenos; **mt:** magnetita; **hm:** hematita; **ap:** apatito.

Tabla 4. Composición mineralógica modal de las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis.

Código	Clasificación petrográfica	Textura	Minerales	Tamaño (mm)	Porcentaje	Trazas	Minerales de alteración
LH-6	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 3,5	55	Zircón, apatito	Cloritas, illita, caolinita, epidota II, prehnita, carbonatos
			Cuarzo	≤ 3,2	10		
			Anfiboles	≤ 5,3	25		
			Biotita	≤ 4,0	5		
			Magnetita	≤ 0,1	2		
LH-7	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 3,3	60	Apatito, piroxenos, magnetita, epidota I, zircón	Illita, epidota II, óxidos de hierro, cloritas, arcillas
			Cuarzo	≤ 2,5	8		
			Feldespato K	≤ 2,2	2		
			Biotita	≤ 4,7	10		
			Anfiboles	≤ 2,0	20		
LH-10	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 2,4	56	Apatito, piroxenos, epidota I	Cloritas, epidota II, carbonatos, illita, esmectita, hematita
			Cuarzo	≤ 1,8	8		
			Anfiboles	≤ 3,2	24		
			Biotita	≤ 3,8	9		
			Magnetita	≤ 0,6	1		
LH-12	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 0,6	60	Epidota I, piroxenos, zircón, apatito	Cloritas, epidota II, illita, arcillas
			Cuarzo	≤ 2,3	15		
			Feldespato K	≤ 7,0	2		
			Anfiboles	≤ 3,1	12		
			Biotita	≤ 3,0	8		
			Magnetita	≤ 1,2	1		
LH-25	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 3,9	46	Apatito, esfena, zircón, epidota I	Cloritas, epidota II, carbonatos, hematita, illita, sericita
			Cuarzo	≤ 1,1	10		
			Anfiboles	≤ 1,6	25		
			Biotita	≤ 1,9	10		
			Magnetita	≤ 0,4	2		
			Feldespato K	≤ 1,6	2		
LH-26	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 2,6	56	Piroxenos, apatito, zircón, epidota I	Cloritas, illita, sericita, epidota II, hematita
			Cuarzo	≤ 1,7	4		
			Anfiboles	≤ 3,4	20		
			Biotita	≤ 4,8	15		
			Magnetita	≤ 0,4	2		

Código	Clasificación petrográfica	Textura	Minerales	Tamaño (mm)	Porcentaje	Trazas	Minerales de alteración
LH-28	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 2,7	45	Apatito, turmalina, Epidota I	Hematita, illita, arcillas, cloritas
			Cuarzo	≤ 3,0	11		
			Feldespato K	≤ 2,5	3		
			Anfíboles	≤ 3,6	26		
			Biotita	≤ 2,8	12		
			Magnetita	≤ 0,8	2		
LH-30	Cuarzodiorita	Granular hipidiomórfica	Plagioclasas	≤ 2,5	62	Epidota I, magnetita, apatito	Epidota II, biotita II, illita, hematita, cloritas
			Cuarzo	≤ 2,9	14		
			Feldespato K	≤ 2,6	1		
			Anfíboles	≤ 2,5	10		
			Biotita I	≤ 3,0	6		
			Turmalina	≤ 1,1	2		

5.4.2 Clasificación petrográfica (QAP)

De acuerdo a la composición mineralógica mostrada en la tabla N° 4, las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis son clasificadas como cuarzodioritas, tal como se observa en el diagrama QAP (Figura N° 21).

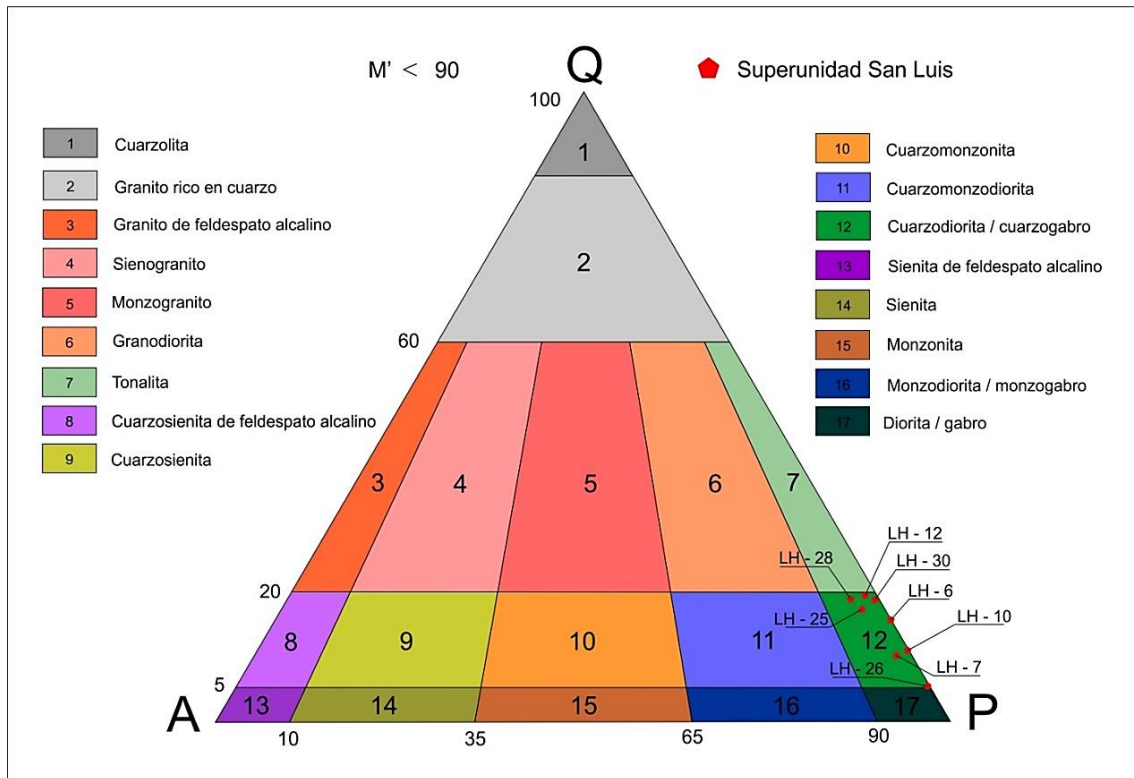


Figura 21. Diagrama QAP mostrando la proyección de los puntos en el campo de cuarzodioritas, correspondiente a las muestras de la Superunidad San Luis.

5.5 Análisis litogeoquímico

Fueron analizadas 8 muestras, por elementos mayores, mediante la técnica de Fusión Eléctrica de Metaborato de Litio por ICP-OES. Los resultados de estos análisis se muestran en la tabla N° 5. Estos datos fueron recalculados al 100% wt sobre una base anhidra, con el objetivo de utilizarlos en el diagrama Álcalis totales versus sílice (TAS).

5.5.1 Clasificación geoquímica (TAS)

La denominada clasificación TAS (Total Álcalis vs Sílice), se basa en la relación entre la suma de los álcalis frente a la sílice. La figura N° 22 muestra la proyección de los puntos correspondientes a las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis, en el diagrama TAS. Nótese que se encuentran dentro del campo de la cuarzodiorita.

Tabla 5. Composición de elementos mayores (% w) de las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis (Fuente El autor).

Código	LH-6	LH-7	LH-10	LH-12	LH-25	LH-26	LH-28	LH-30
Superunidad	San Luis	San Luis	San Luis	San Luis	San Luis	San Luis	San Luis	San Luis
Cuadrángulo	31ñ	31ñ	31ñ	31ñ	31ñ	31ñ	31ñ	31ñ
Coordenadas (UTM)	576658 8303643	577211 8304019	576868 8303271	577036 8302627	575270 8304383	576570 8304831	577369 8301549	578190 8300883
Al ₂ O ₃	15.83	16.68	17.58	15.69	16.38	18.23	16.02	16.59
CaO	7.57	5.98	7.16	5.54	7.30	8.84	6.47	5.56
Fe ₂ O ₃	7.92	7.51	8.68	7.26	7.60	8.90	7.10	7.85
K ₂ O	1.26	1.97	1.71	2.21	1.34	0.66	1.97	1.85
MgO	3.95	3.24	3.76	3.30	3.51	4.20	3.14	3.57
MnO	0.16	0.12	0.15	0.14	0.18	0.19	0.17	0.19
Na ₂ O	2.39	2.40	2.51	2.17	3.11	2.65	2.33	2.45
P ₂ O ₅	0.31	0.17	0.16	0.16	0.22	0.28	0.26	0.25
SiO ₂	58.01	60.03	56.77	60.10	57.00	53.97	60.19	58.66
TiO ₂	0.58	0.76	0.78	0.66	0.73	0.66	0.47	0.68
LOI*	1.04	0.95	0.95	1.24	2.95	0.85	1.04	1.43
Total	99.02	99.82	100.22	98.46	100.00	99.44	99.15	99.07

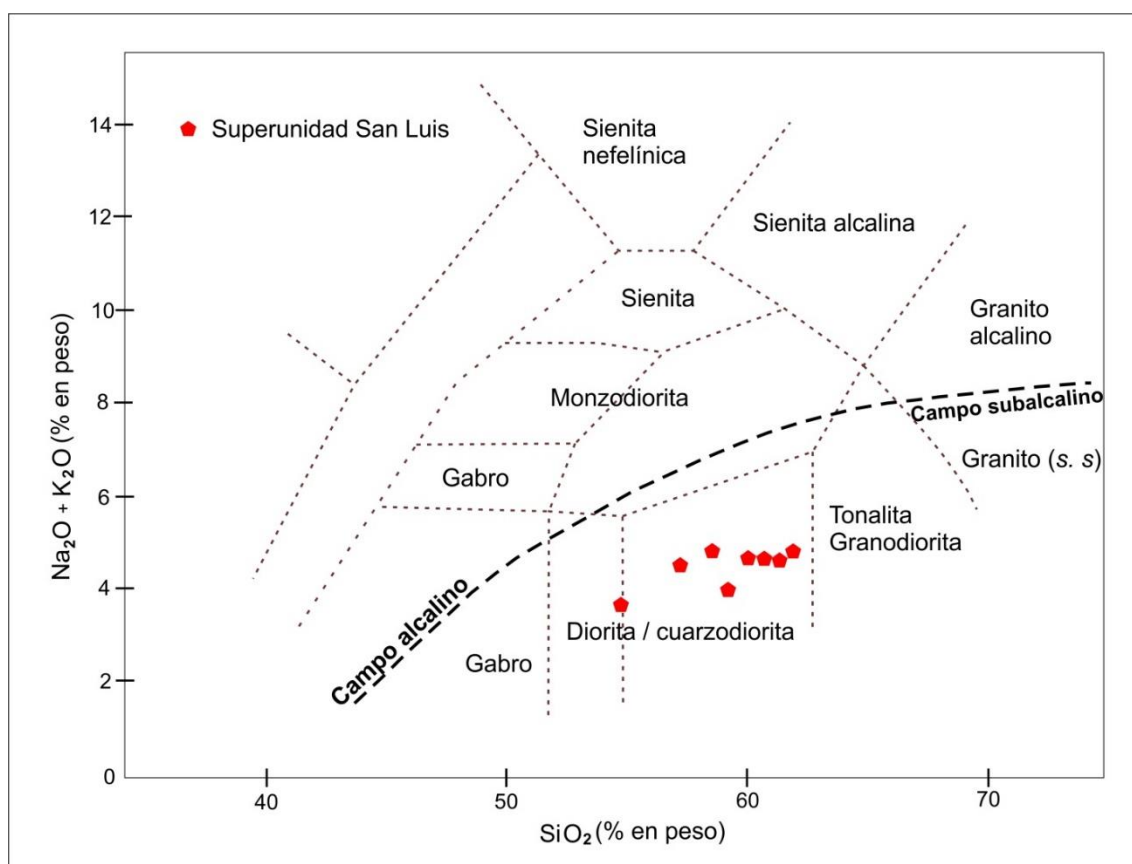


Figura 22. Diagrama de álcalis totales versus sílice (TAS), mostrando los campos de rocas plutónicas y la proyección de puntos correspondientes a las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis. Nótese la proyección en el campo de cuarzodiorita. Modificado a partir del diagrama Cox (1979). (The interpretation of the igneous Rocks. Allen and Unwin, London).

5.6 Correspondencia petrográfica y geoquímica

Con el estudio petrográfico una roca queda definida de una manera incompleta, por lo tanto, el análisis químico es un complemento necesario de la investigación petrológica (Rivera, 2007). En la clasificación de rocas intrusivas debe ser primordial el uso de la clasificación modal, sin embargo, existen ciertos límites en cuanto al contenido en SiO₂, CaO y otros parámetros geoquímicos que deben ser compatibles entre ambas clasificaciones (Castro, 2015).

La figura N° 23 muestra la correspondencia entre la clasificación petrográfica, representado por el diagrama QAP, y el diagrama con límites definidos por el porcentaje de SiO₂, CaO. Se observa que existe una correspondencia entre la clasificación petrográfica y la clasificación geoquímica.

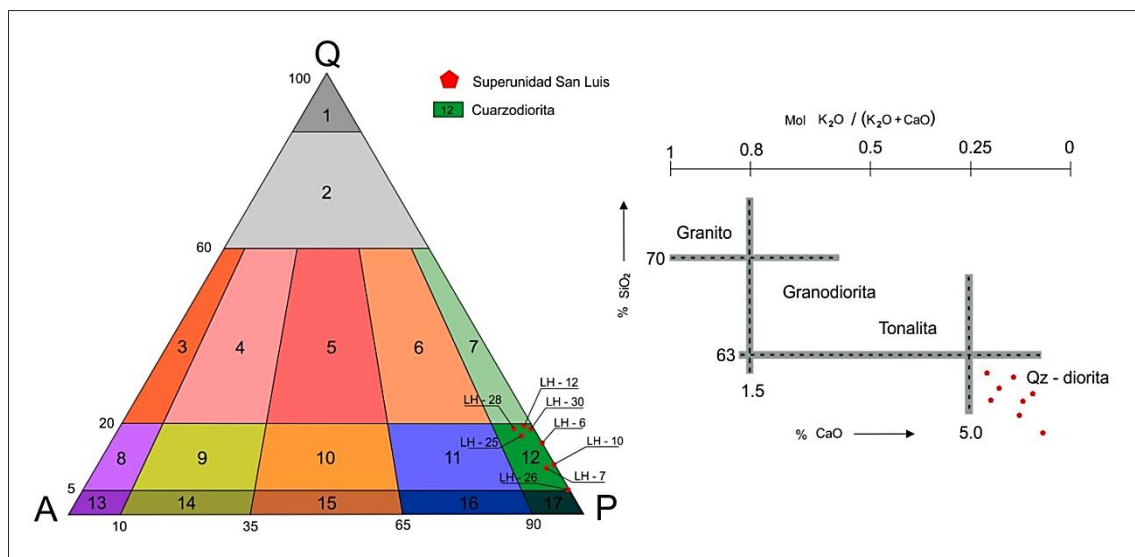
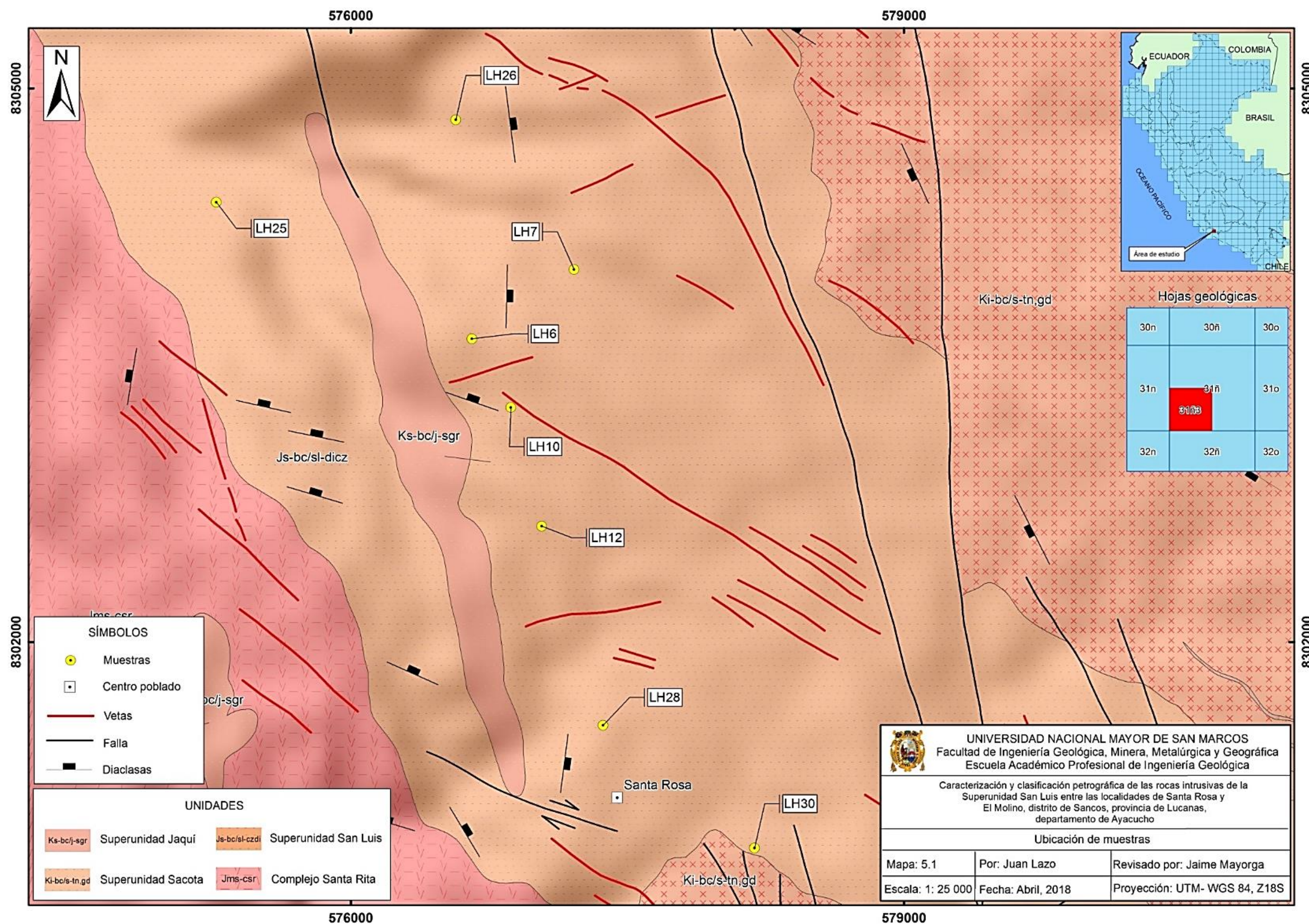


Figura 23. Correspondencia entre la clasificación petrográfica y el diagrama definido por parámetros geoquímicos. Tomado de Castro A. (2015). Nótese que, la ubicación de los puntos correspondientes a las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis cae en los campos de cuarzodioritas de ambos diagramas.



Mapa 7. Ubicación de muestras. (Fuente: INGEMMET)

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Con esta conclusión ha sido demostrada la hipótesis general. Que, de acuerdo las texturas y mineralogía, las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis son cuarzodioritas.
- Con esta conclusión queda demostrada la hipótesis específica. El contenido de cristales de plagioclasas (50 -62%), cuarzo (10 – 15%), y feldespatos potásicos (1 - 3%) varía de modo tal que las rocas son clasificadas como cuarzodiorítica.
- Macroscópicamente las muestras presentan color gris blanquecino y textura fanerítica de grano medio. Asimismo, la tinción de feldespatos potásicos muestra un porcentaje máximo de 4 %, lo cual es coherente con el porcentaje obtenido en los estudios petrográficos (3%).
- Los análisis de difracción de rayos X (DRX) reportan que la principal plagioclasea en las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis es la Andesina y el principal anfíbol es la hornblenda, estos minerales esenciales son característicos de las rocas de composición cuarzodiorítica.
- Microscópicamente las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis, en el área de estudio, se caracterizan por presentar textura granular hipidiomórfica. Están compuestas por andesina (50 -62%), cuarzo (10 – 15 %), hornblenda (15 - 25 %), biotita I (5 – 10%) y cantidades accesorias de magnetita (1 – 2 %), feldespatos potásicos (traza – 3%), apatito (traza), zircón (traza), epídota I (traza), piroxenos (traza) y esfena (traza). La alteración es incipiente a débil, presentando minerales secundarios como cloritas, epídota II, biotita II, carbonatos, illita, esmectita y hematita.

- De acuerdo al diagrama QAP, las rocas intrusivas de la Superunidad San Luis (en el área de estudio) son clasificadas como cuarzodioritas. Además, existe una correlación entre la clasificación petrográfica y la clasificación geoquímica.

RECOMENDACIONES

- Tener en consideración el tiempo de reacción de las muestras en la solución de Cobaltonitrito de sodio. Además, se recomienda trabajar con patrones para asegurar la vigencia de la solución, siguiendo las instrucciones mostradas en el capítulo III.
- Se recomienda tener cuidado con los resultados de la Difracción de rayos X, ya que es una técnica semicuantitativa.
- Para la clasificación petrográfica, se recomienda realizar la estimación porcentual de minerales, como mínimo en 6 campos de la sección delgada, con el fin de obtener porcentajes más representativos.
- Para realizar una buena clasificación, tanto petrográfica como geoquímica, las muestras no deben presentar alteración, o en su defecto, la alteración debe ser mínima.
- Se recomienda a los lectores y comunidad de investigación aplicar el procedimiento de trabajo, aplicando las técnicas de caracterización mineral propuestas en la presente tesis, para obtener mejor resultados al momento de clasificar rocas intrusivas.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J., Quispe, J., Santisteban, A., & Acosta, H. (2008).** *Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen del sur del Perú: Latitudes 14°S-18°S.* Lima, Perú: Resúmenes extendidos: Sociedad Geológica del Perú.
- Aguilar Peris, J. (2002).** *Manual de mineralogía.* España: REVERTÉ, S.A.
- Bartolomé, J. F. (1996).** *Ánisis mineralógico cuantitativo por difracción de rayos X. Aplicación del método del patrón interno modificado en el estudio de compuestos Al₂O₃-Al₂TiO₃.* 35(4), 271 - 283.
- Caldas, J. (1978).** *Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca. Boletín. Serie A. Carta Geológica Nacional.* (INGEMMET, Ed.) Lima, Perú.
- Calderón, C. (2015).** *Estudio litogeoquímico comparativo entre la Superunidad Linga y Superunidad Tiabaya en el sector de Acarí y Jaquí y su comportamiento respecto a la mineralización. Tesis para optar el título de ingeniero geólogo.* Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Carlotto, V., Quispe, J., H., A., Rodriguez, R., Romero, D., Cerpa, L., . . . Cueva, E. (2009).** *Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú. Boletín Sociedad Geológica del Perú.*
- Castro, A. (2015).** *Petrografía de rocas ígneas y metamórficas.* España: Primera edición ISBN: 978-84-283-3516.
- Chayes, F. (1952).** *Notes on the staining of potash feldspar whit sodium cobaltinitrite, in thin section. Am. Mineral, 37, 337-340.*
- Clark, R. (1999).** *Spectroscopy of rocks and minerals and principles of spectroscopy.* (Vol. 3). Man. Remote Sens.
- Cobbing, E., Pitcher, W., & Taylor, W. (1977).** *Segmentes and super-units in the coastal batholith of Peru* (Vol. 85). Journal of Geology.
- De montreuil, L. (1979).** *Ocurrencia del oro y sus asociaciones mineralógicas en la faja aurífera de Nazca-Ocoña. Minería, 153, 17-30.*
- Gabriel, A. y. (1929).** *A staining method for the quantitative determination of certain rock minerals. Am. Mineral, 14, 290-292.*
- Gómez, P. (2015).** *Correlaciones entre Espectrometría de Reflectancia, Geoquímica y Mineralogía de sedimentos fluviales de la cuenca del río Elqui, IV región, Chile. Tesis de pregrado.* Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- He, T., Wang, Z., Lin, Z., & Cheng, Y. (2009).** *Spectral features of soil organic matter. (I. Sci., Ed.) Geo Spat, 12, 33 - 40.*

- Hernandez, R. (2010).** *Metodología de la investigación*. (S. D. INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) México: McGraw-hill.
- INGEMMET. (s.f.).** *Carta geológica nacional a escala 1: 50 000*. Geocatmin. Recuperado el 10 de Diciembre de 2017, de <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Injoque, J. (2001).** Yacimientos de óxidos de Fe-Cu-Au en el Perú, una visión integral. *Trabajos científicos: Sociedad Geológica del Perú*, 11.
- Keith, M. L. (1939).** Selective staining to facilitate Rosiwal analyses. *Am. Mineral*, 24, 561-565.
- Le Maitre, R. W. (1989).** *A classification of igneous rock and glossary of term*. Blackwell, Oxford.
- Loaiza, E., Zárate, H., & Galloso, A. (2008).** *Mineralización y explotación minera artesanal en la costa sur media del Perú. Serie E. Minería*. (INGEMMET, Ed.) Lima.
- Martinez, P. (1996).** Yacimientos auríferos relacionados al batolito de la costa en la franja Nzca - Ocoña, Ica y Arequipa. (C. a. 1996, Ed.) *Sociedad Nacional de Minería y Petróleo.*, 289-297.
- Melgarejo, J. C., Proenza, J. A., Gali, S., & Llovet, X. (2010).** Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en la exploración y explotación minera. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62, 1-23.
- Núñez, F., Condori, A., & Jara, M. (1994).** Características metalogenéticas de la mineralización aurífera asociada al segmento sur del Batolito de la Costa (Nazca-Ocoña). *Congreso peruano de geología 1994. Resúmenes extendidos*, 26-29.
- Olchauski, E. (1980).** *Geología de los cuadrángulos de Jaquí, Coracora, Chala y Chaparra*. Lima: INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional.
- Pitcher, W., Atherton, M., Cobbing, E., & Beckinsale, R. (1985).** *Magmatismo en el borde de una placa. Los andes peruanos*. British Geological Survey.
- Quispe, J., Carlotto, V., Acosta, J., Macharé, J., Chirif, H., Rivera, R., . . . Huanacuni, D. R. (2008).** Mapa metalogenético del Perú: Herramienta esencial para las exploraciones. *Congreso Latinoamericano de Geología. Sociedad Geológica del Perú*, 6.
- Raith, M. M., Raase, P., & Reinhardt, J. (2012).** *Guía para la microscopía de minerales en Lámina delgada*. Obtenido de http://www.minsocam.org/msa/openaccess_publications/Thin_Sctn_Mcrscopy_2_rdc_d_spn.pdf.
- Reid, W. P. (1969).** Pruebas de tinción de minerales. (I. d. Colorado., Ed.) *Boletín de minerales industriales*, 12(3), 18-19.
- Rivera, H. (2007).** *Introducción a la geoquímica general y aplicada. Segunda edición*. Lima - Perú: N° ISBN 001458-2004.

- Roperch, P., Sempere, T., Macedo, O., Arriagada, C., Fornari, M., Tapia, C., . . . Lai, C. (2006).** Counterclockwise rotation of late Eocene-Oligocene fore-arc deposits in southern Peru and its significance for oroclinal bending in the Central Andes. *American Geophysical Union*, 29.
- Rosenblum, S. (1956).** Improved technique for staining potash feldspars. *Am. Mineral*, 41, 662-664.
- Sánchez, N., Luque, J., & Piña, R. (2011).** Mineralogía II de grado en Geología. *Serie mineralógica. Reduca (Geología)*, 3, 1-16.
- Santos, A., Wimin, G., Tassinari, C., Soberon, D., & Ccallo, W. (2016).** Geocronología U-Pb sobre zircones en la contrastación de la evolución espacial-temporal del magmatismo y la metalogenia del Batolito de la Costa-Segmento de Arequipa. *XVIII Congreso Peruano de Geología, Lima - Perú*.
- Shi, T., Chen, Y., Liu, Y., & Wu, G. (2014).** Visible and near-infrared reflectance spectroscopy-An alternative for monitoring soil contamination by heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*, 166-176.
- Torren, J., & Barrón, V. (2002).** *Diffusive reflectance spectroscopy of iron oxides*. *Encycl. Surf. Colloid Sci.*
- Vidal, C., Injoque, J., Sidder, G., & Mukasa, S. (1990).** Amphibolitic Cu-Fe skarn deposits in the central coast of Peru. *Economic Geology*, 85, 1447-1461.

ANEXOS

ANEXO A

ESTUDIOS PETROMINERAGRÁFICOS

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 6	31r	8303643	576658	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, compacta de color gris blanquecino con textura fanerítica de grano medio a grueso. Está compuesto por cristales de plagioclasas, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea intrusiva con textura granular hipidiomórfica compuesta por cristales bien desarrollados de plagioclasas, cuarzo, anfíboles, biotita, minerales opacos (magnetita), apatito y zircón. Además, presenta minerales secundarios de cloritas, epídota, illita, caolinita, prehnita y carbonatos.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

		<i>Mineral</i>	Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran maclados y zonados, microfracturados y alterados a illita, epidota y caolinita.	≤ 3.5	55
		Anfíboles , cristales con formas anhedrales. Se encuentran microfracturados. Algunos están maclados. Asimismo, presentan inclusiones poiquilíticas de apatito y minerales opacos. Se encuentran ligeramente alterados a cloritas, carbonatos y epidota.	≤ 5.3	25
		Cuarzo , cristales con formas anhedrales. Se encuentran microfracturados, con extinción ondulante y bordes ligeramente suturados. Están ocupando espacios intersticiales.	≤ 3.2	10
	Accesorios	Biotita , cristales con formas anhedrales. Se presentan bien desarrollados con hábito laminar. Asimismo, contiene inclusiones de apatito y se encuentran alterados a cloritas y prehnita mediante planos de exfoliación.	≤ 4.0	5
		Magnetita , se observa como cristales con formas anhedrales. Se encuentran comúnmente asociados a modo de inclusiones en anfíboles.	≤ 0.1	2
		Apatito , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Hábito prismático acicular. Se encuentran como inclusiones poiquilíticas en cristales de biotita y anfíboles	≤ 0.2	1
		Zircón , cristales con formas euhedrales con hábito prismático. Se encuentran dispersos de manera aleatoria.	≤ 0.3	Traza
SECUNDARIOS		Cloritas , se presenta a modo de agregados microfibrosos, producto de alteración de biotita y anfíboles.	≤ 0.1	1
		Epidota , se observa como agregados anhedrales, producto de alteración de plagioclasas y anfíboles.	≤ 0.5	1
		Illita , ocurre a modo de agregados microfibrosos producto de alteración de plagioclasas.	≤ 0.05	Traza
		Caolinita , se presenta en agregados microescamosos producto de alteración de plagioclasas.	≤ 0.04	Traza
		Prehnita , ocurre como agregados fibrosos radiados, reemplazando biotita mediante planos de exfoliación.	≤ 0.2	Traza
		Carbonatos , cristales con formas anhedrales. Ocurre como producto de alteración de anfíboles.	≤ 0.3	Traza

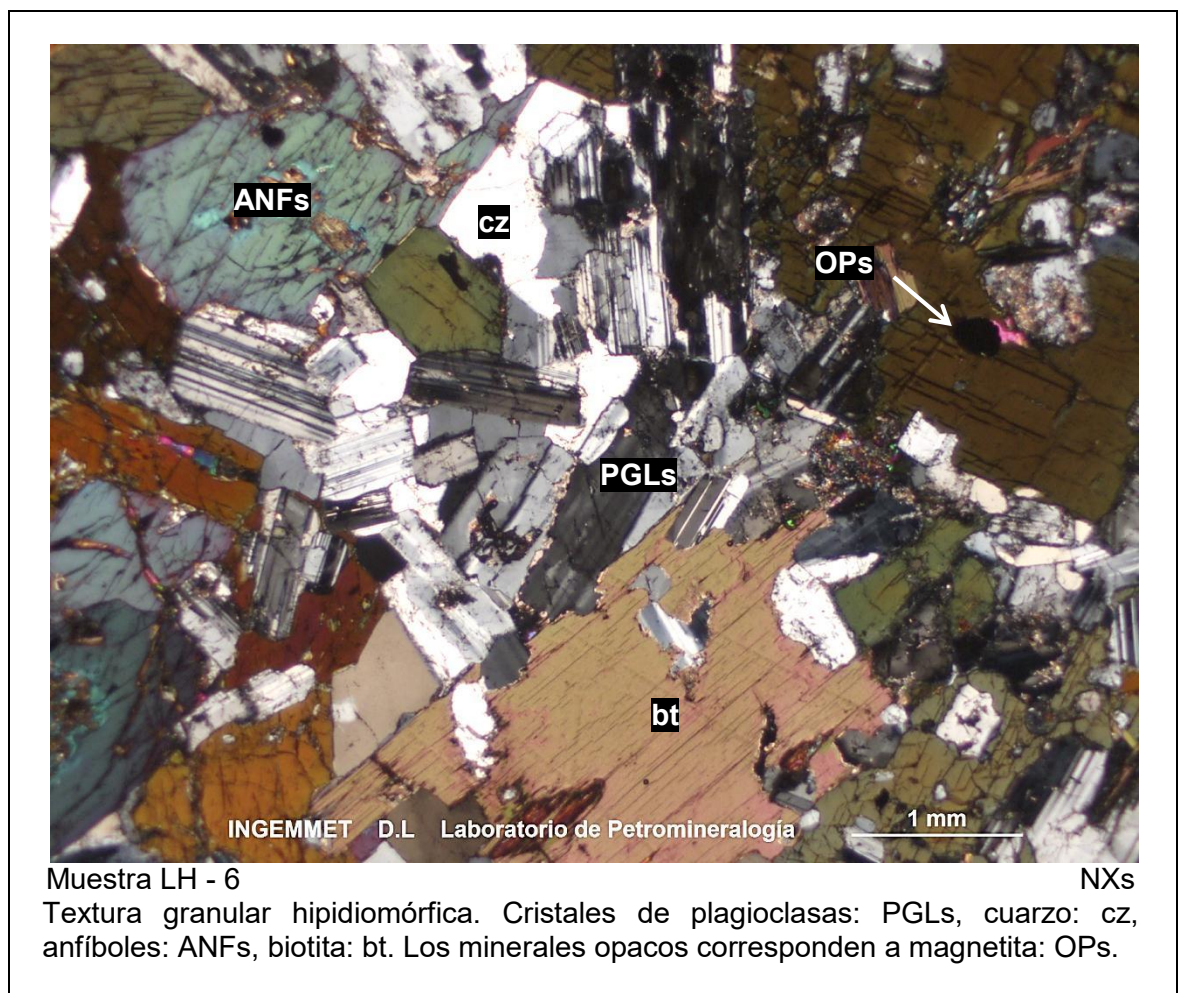
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

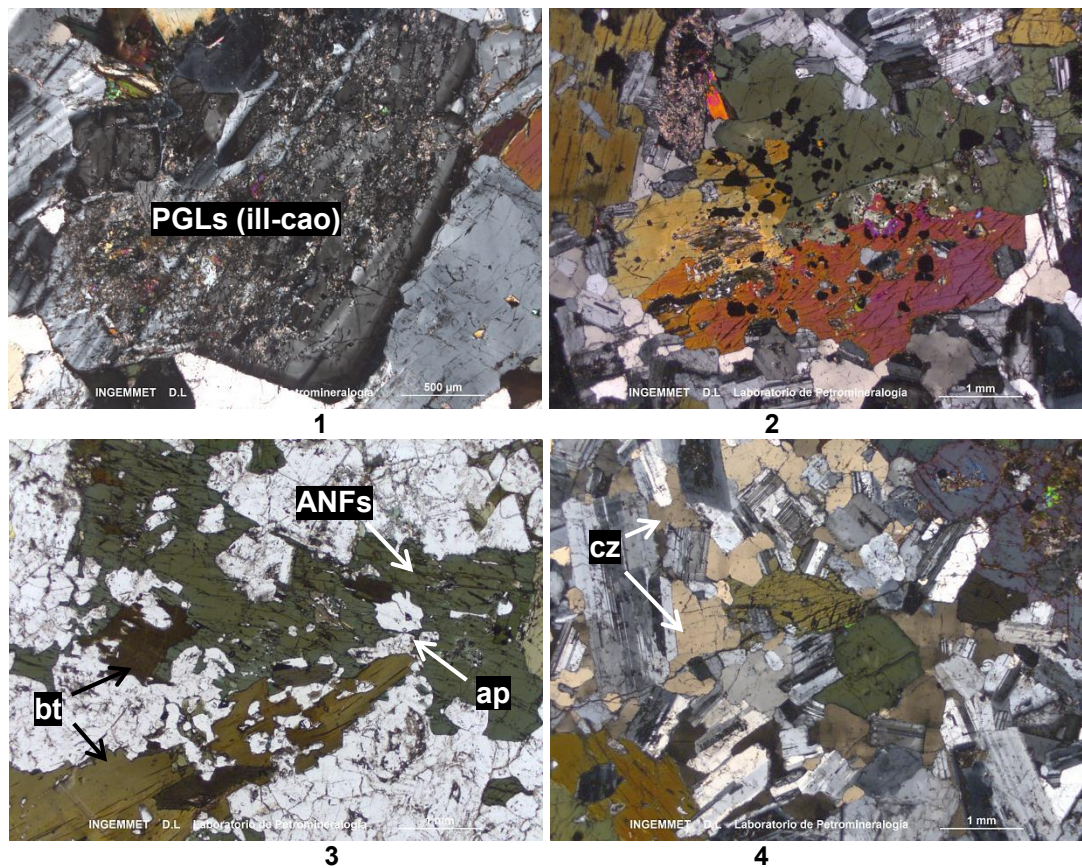
Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Cloritización		X		
Epidotización		X		
Carbonatación	X			
Argilización	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:





Fotomicrografías: 1. Cristal de plagioclasas zonado con alteración a illita y caolinita: PGLs(ill-ca). 2. Cristal de anfíbol: ANFs con inclusiones poiquilíticas de minerales opacos correspondientes a magnetita: OPs. 3. Cristales de biotita: bt y anfíboles: ANFs con inclusiones de apatito: ap.

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 7	31r	8304019	577211	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

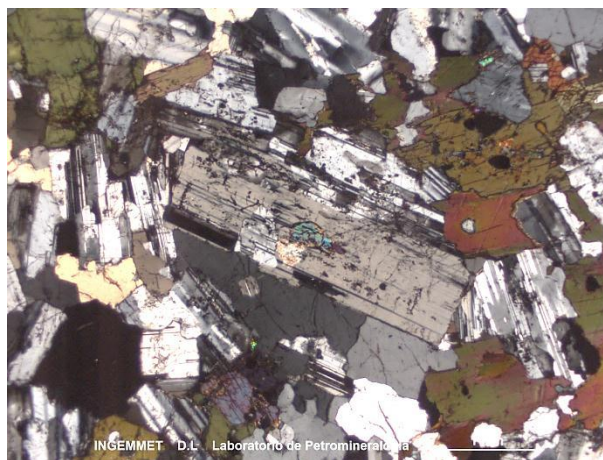
2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva de color gris blanquecino con textura fanerítica de grano medio. Está compuesta por plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva con textura granular hipidiomórfica compuesta por cristales de plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles, biotita y trazas de apatito, magnetita, epidota I y zircón. Presenta minerales secundarios, entre ellos, óxidos de hierro, cloritas, illita, epidota II y arcillas.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

<i>Mineral</i>			Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran maclados, zonados, microfracturados y alterados a illita y epidota II.	≤ 3.3	60
		Anfíboles , cristales con formas subhedrales. Se encuentran maclados. Por sectores están aglomerados. Presenta inclusiones poiquilíticas de apatito, plagioclasas y minerales opacos. Algunos se encuentran intercrecidos con piroxenos (uralitización). Además están ligeramente alterados a epidota II y cloritas, mediante bordes y fracturas.	≤ 2.6	20
		Biotita , cristales con formas anhedrales. Presentan hábito laminar. Algunos cristales contienen inclusiones poiquilíticas de apatito. Además, están débilmente alterados a cloritas.	≤ 4.7	10
		Cuarzo , cristales con formas anhedrales, fuertemente microfracturados y bordes ligeramente suturados. Además presentan extinción ondulante.	≤ 2.5	8
	Accesorios	Feldespatos potásicos , cristales con formas anhedrales, presentan macla de la microclina. Se encuentran microfracturados y ocupando espacios intersticiales. Están ligeramente alterados a arcillas.	≤ 2.2	2
		Apatito , ocurre a modo de cristales euhedrales. Se encuentran como inclusiones poiquilíticas en anfíboles y biotita.	≤ 0.2	Traza
		Piroxenos , se observan con formas anhedrales (relictos) y parcialmente uralitizados. Presenta óxidos de hierro en microfracturas.	≤ 0.7	Traza
		Magnetita , ocurre con formas anhedrales. Comúnmente incluidos en anfíboles.	≤ 1.06	Traza
		Epidota I , cristales con formas subhedrales. Presentan zonación y se encuentran intercrecidos con láminas de biotita.	≤ 1.8	Traza
		Zircón , ocurre con formas euhedrales. Hábito prismático corto. Están dispersos de manera aleatoria.	≤ 0.1	Traza
	SECUNDARIOS	Epidota II , cristales con formas anhedrales. Se encuentra reemplazando plagioclasas y anfíboles por medio de bordes y fracturas. En algunos casos, se observa	≤ 0.08	1
		Illita , se presenta a modo de agregados microfibrosos producto de alteración de plagioclasas.	≤ 0.04	Traza
		Óxidos de hierro , se observa como agregados criptocristalinos impregnados en microfracturas de piroxenos.	-	Traza
		Cloritas , ocurre a modo de agregados microfibrosos producto de alteración de biotita y anfíboles. También se observa a modo de agregados microfibrosos rellenando microfracturas.	-	Traza
		Arcillas , se presenta a modo de agregados criptocristalinos terrosos producto de alteración de feldespatos potásicos.	-	Traza

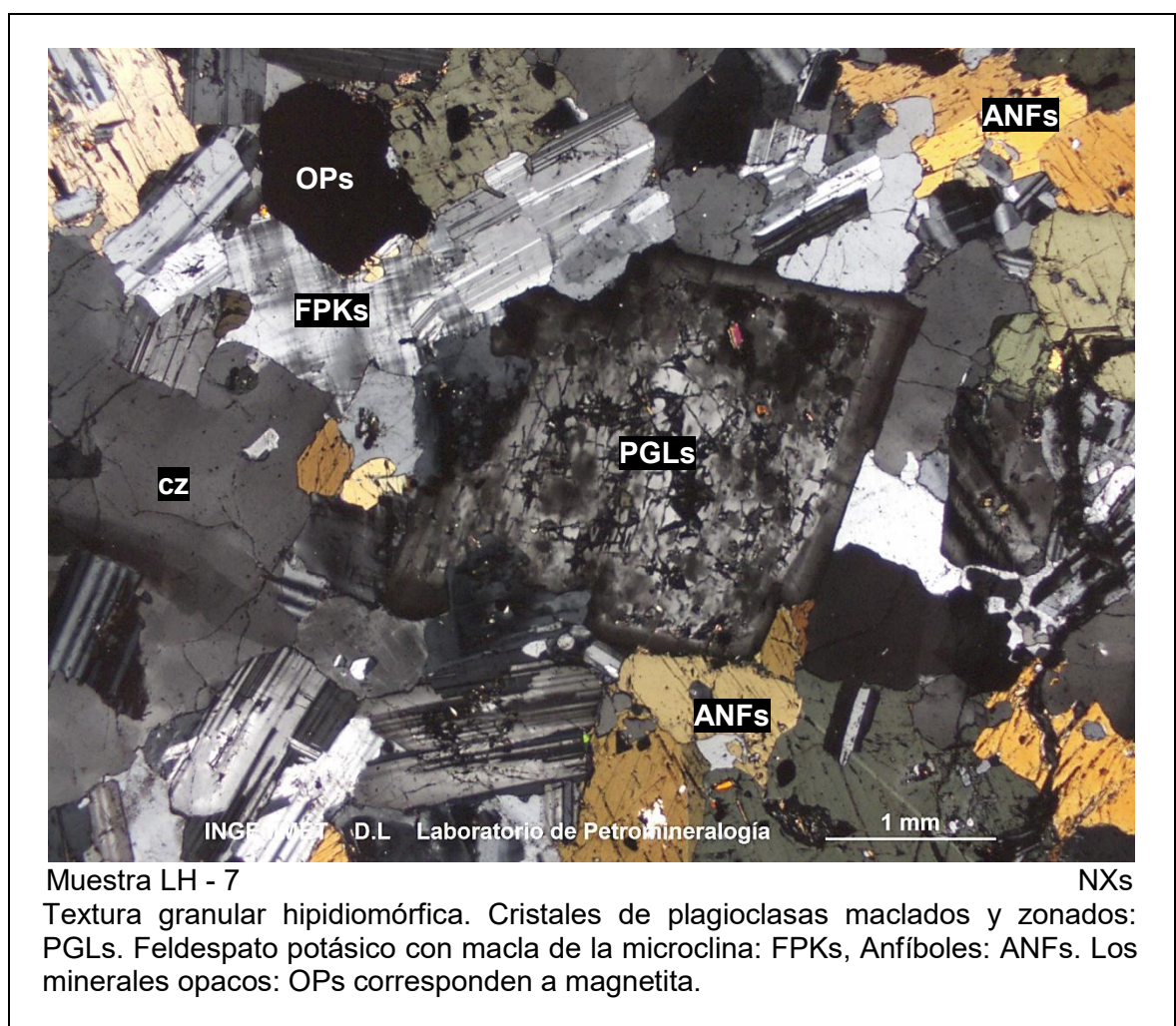
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

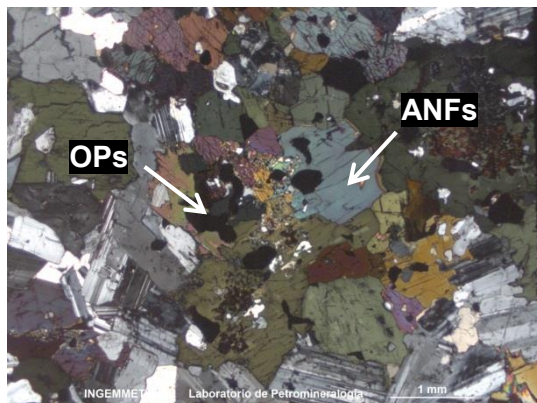
Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

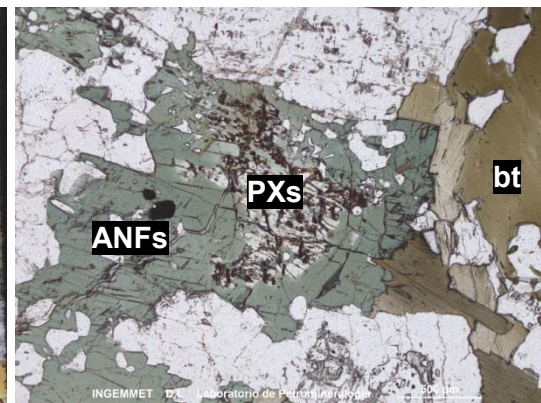
Alteración	Incipiente (Trazas)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Argilización	X			
Oxidación	X			
Epidotización		X		
Cloritización	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:

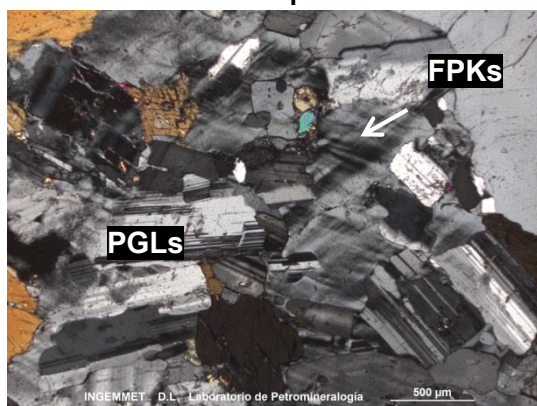




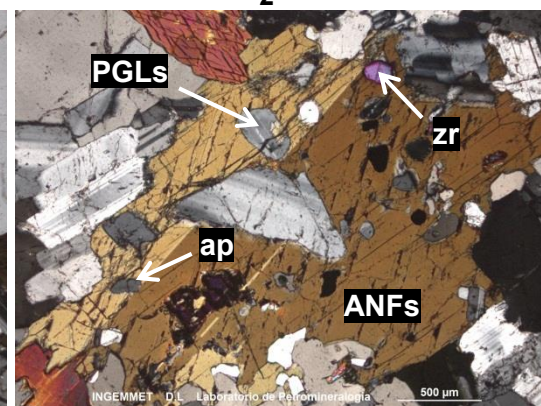
1



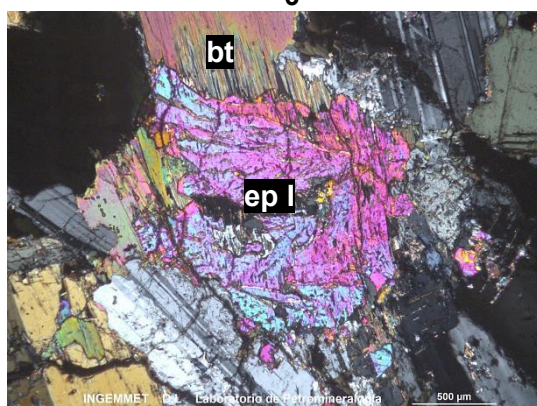
2



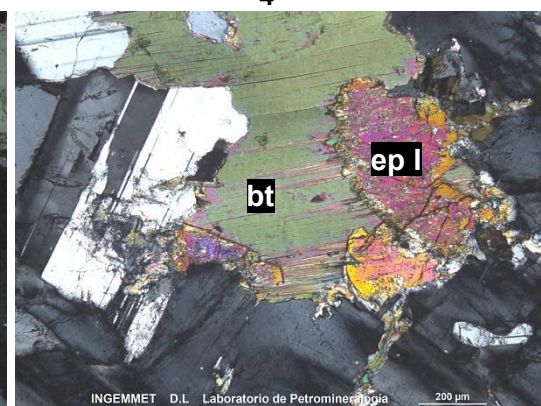
3



4



5



6

Fotomicrografías: Cristales de anfíboles: ANFs aglomerados con inclusiones de minerales opacos: OPs. Los opacos corresponden a magnetita. **2.** Piroxeno parcialmente uralitizado: PXs y láminas de biotita: bt. **3.** Cristal anhedral de feldespato potásico con macla de la microclina: FPKs. **4.** Cristal de anfíbol con inclusiones poiquilíticas de opacos, apatito, plagioclasas y zircón. **5.- 6.** Cristales de epidota I: ep I junto con biotita: bt.

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 10	31r	8303271	576868	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

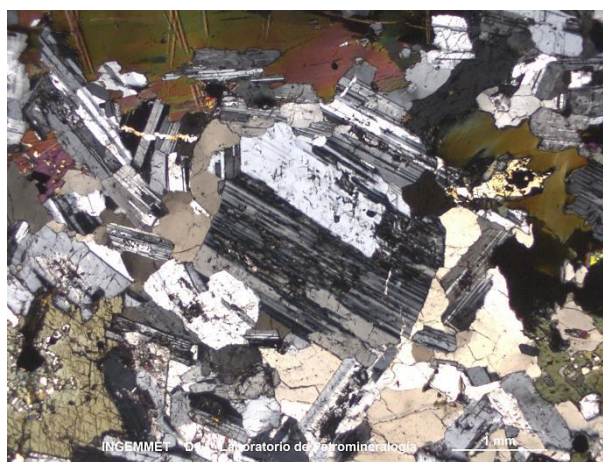
2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro. Presenta textura fanerítica de grano medio a grueso. Está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y posee magnetismo débil.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva con textura granular hipidiomórfica. Está compuesta por cristales de plagioclasas, cuarzo, anfíboles, biotita, magnetita y trazas de apatito, piroxenos, y epídota I. Asimismo, presenta minerales secundarios como cloritas, epídota II, carbonatos, illita – esmectita y hematita.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

<i>Mineral</i>			Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran maclados y zonados. Están microfracturados y débilmente alterados a illita-esmectita y epídota.	≤ 2.4	56
		Anfíboles , cristales con formas anhedrales. Algunos se encuentran maclados. Presenta inclusiones de apatito, plagioclasas, magnetita y cuarzo. Algunos se encuentran intercrecidos con relictos de piroxenos. Además, están alterados a cloritas, epídota y carbonatos.	≤ 3.2	24
		Biotita , cristales con formas anhedrales. Hábito laminar. Presentan inclusiones de apatito. Además, están débilmente alterados a cloritas.	≤ 3.8	9
		Cuarzo , cristales con formas anhedrales. Se encuentran microfracturados, con extinción ondulante y ligeramente elongados.	≤ 1.8	8
	Accesorios	Magnetita , cristales con formas anhedrales. Se encuentran junto con piroxenos, a modo de inclusiones o intercrecidos. Están parcialmente reemplazados por hematita a través de planos cristalográficos.	≤ 0.6	1
		Apatito , cristales con formas subhedrales. Se encuentran a modo de inclusiones en cristales de anfíboles.	≤ 0.1	Traza
		Piroxenos , cristales con formas anhedrales. Se presentan como relictos. Están reemplazados por anfíboles (uralitizados).	≤ 0.3	Traza
		Epídota I , cristales con formas anhedrales y subhedrales. Presentan zonación, además están intercrecidos con anfíboles y biotita.	≤ 1.7	Traza
	SECUNDARIOS	Cloritas , ocurre a modo de agregados microfibrosos, producto de alteración de anfíboles, biotita y plagioclasas, por medio de fracturas.	-	1
		Epídota II , cristales con formas anhedrales. Se encuentran reemplazando biotita, anfíboles y plagioclasas.	≤ 0.2	1
		Carbonatos , cristales con formas anhedrales. Están reemplazando anfíboles mediante fracturas.	-	Traza
		Illita-esmectita , se presenta en agregados microfibrosos y terrosos reemplazando plagioclasas.	≤ 0.04	Traza
		Hematita , se presenta como reemplazamiento e magnetita a través de planos cristalográficos.	-	Traza

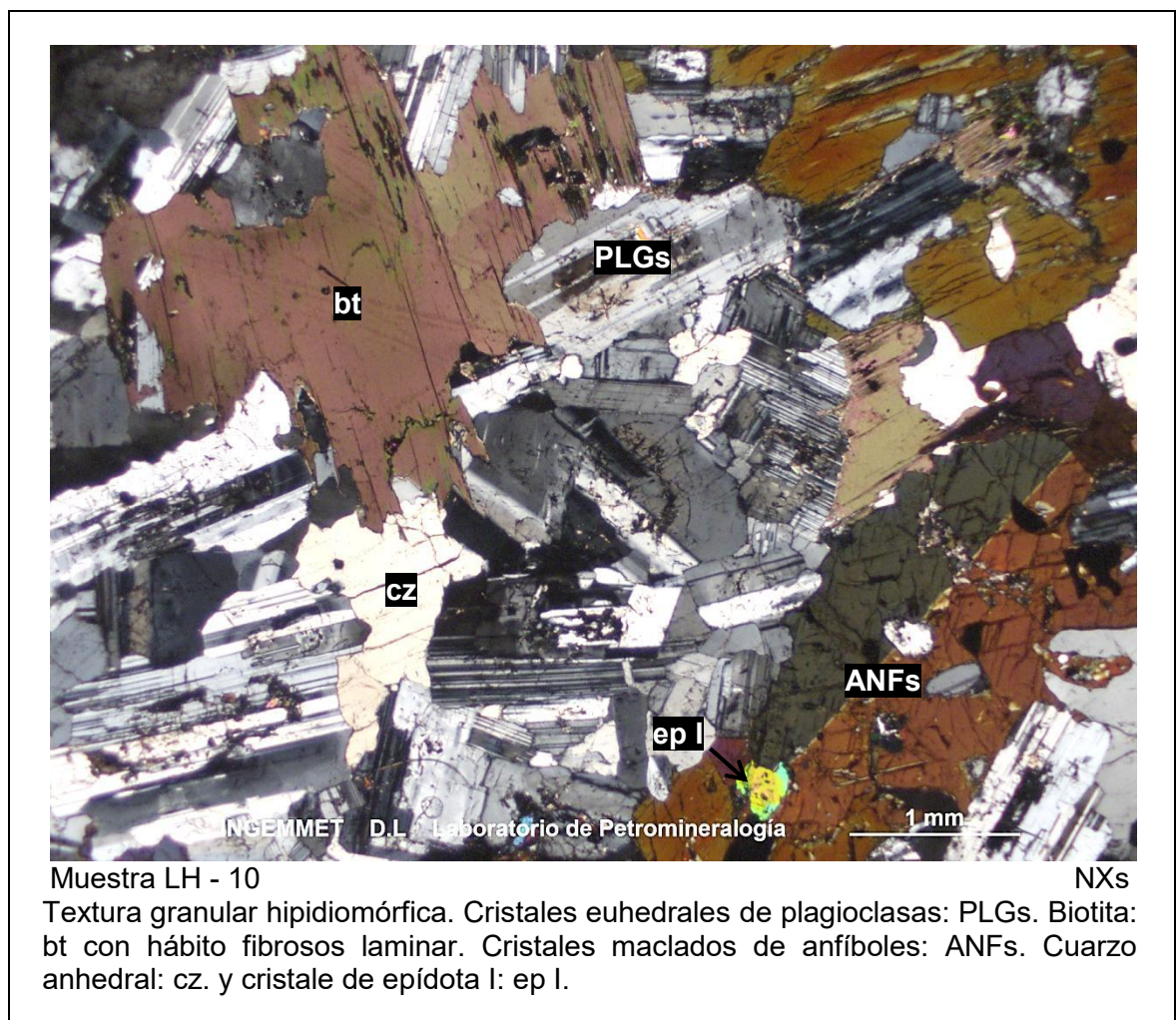
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

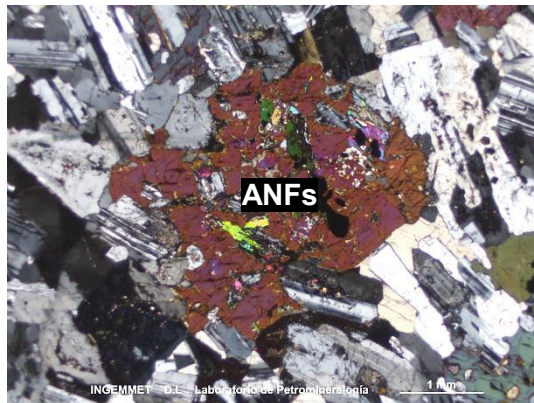
Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

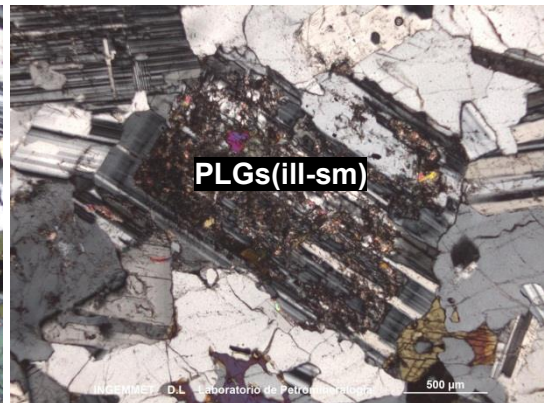
Alteración	Incipiente (Trazas)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Cloritización		X		
Argilización		X		
Epidotización	X			
Carbonatación	X			
Oxidación	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:

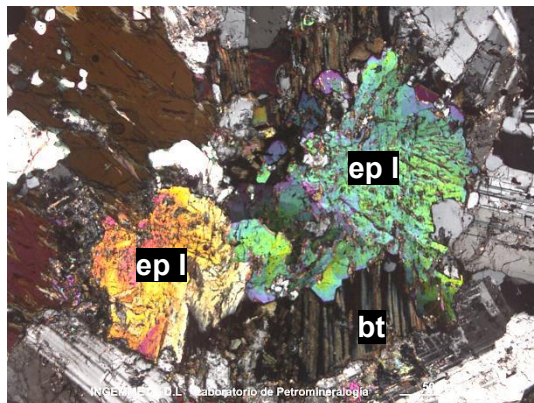




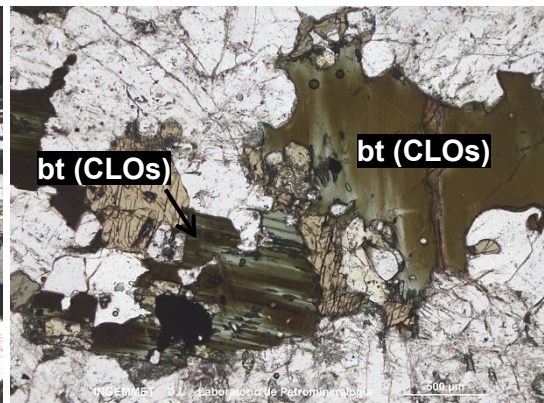
1



2



3



4

Fotomicrografías: 1. Cristales de anfíbol: ANFs con inclusiones de apatito y opacos (magnetita). 2. Cristal de plagioclasa con alteración a illita – esmectita: PLGs (ill-sm). 3. Cristales de epidota I: ep I intercrecidos con biotita: bt. 4. Láminas de biotita con alteración a cloritas: bt (CLOs).

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 12	31r	8302627	577036	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

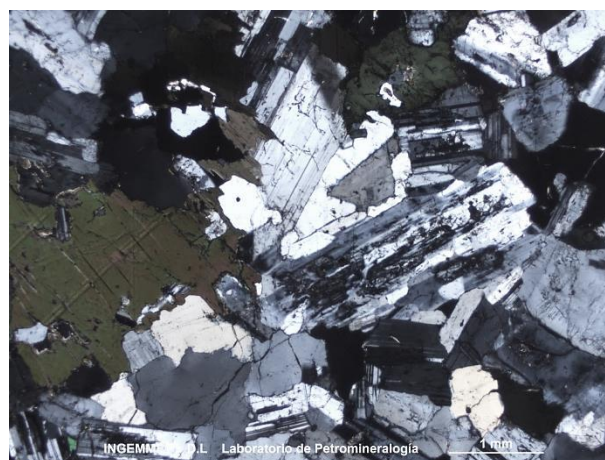
2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva de color gris blanquecino. Presenta textura fanerítica de grano medio. Está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y magnetismo moderado.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva con textura granular hipidiomórfica. Está compuesta por cristales de plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles, biotita y cantidades accesorias de magnetita, epidota I, zircón y relictos de piroxenos. Presenta minerales secundarios de cloritas, epidota II, illita y arcillas.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

Mineral		Tamaño (mm)	%	
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , cristales con formas euhedrales y subhedrales, maclados y zonados, microfracturados y alterados a illita, carbonatos y epídota II.	≤ 3.4	60
		Cuarzo , cristales con formas anhedrales. Se encuentran microfracturados con extinción ligeramente ondulada y bordes débilmente suturados.	≤ 2.3	15
		Anfiboles , cristales con formas subhedrales y anhedrales. Presentan inclusiones de apatito, plagioclasas y magnetita. Están intercrecidos con relictos de piroxenos. Los intercrecimientos sugieren el reemplazamiento de anfíbol por piroxenos. Presentan alteración a epídota II y cloritas.	≤ 3.1	12
		Biotita , cristales con formas anhedrales. Presentan inclusiones de apatito. Además, por sectores, se encuentran intercrecidos con anfíboles. Están alterados a cloritas y epídota II.	≤ 3.00	8
	Accesorios	Feldespatos potásicos , cristales con formas anhedrales. Se encuentran maclados (microclina) y otros con textura peritítica. En algunos casos se encuentran englobando cuarzo, plagioclasas y anfíboles. Están ligeramente alterados a arcillas.	≤ 7.00	2
		Magnetita , cristales con formas anhedrales. Se encuentran a modo de inclusiones en anfíboles. Están alterados a hematita, mediante planos cristalográficos.	≤ 1.2	1
		Epídota I , cristales con formas subhedrales, se encuentran zonados y están junto con anfíboles y piroxenos.	≤ 0.9	Traza
		Piroxenos , cristales con formas anhedrales. Se muestran como relictos. Asimismo, están intercrecidos con anfíboles (uralitización).	≤ 0.7	Traza
		Zircón , cristales con formas euhedrales. Presentan formas rómbicas. Se encuentran dispersos.	≤ 0.5	Traza
		Apatito , cristales con formas euhedrales dispuestos a manera de inclusiones en anfíboles y biotita.	≤ 0.2	Traza
	SECUNDARIOS	Cloritas , ocurre a modo de agregados microfibrosos, producto de alteración de biotita, anfíboles.	-	1
Epídota II , cristales con formas anhedrales. Están reemplazando anfíboles, plagioclasas, biotita.		≤ 0.6	1	
Illita , ocurre a modo de agregados microfibrosos y terrosos, producto de alteración de plagioclasas.		≤ 0.02	Traza	
Arcillas , se observa a modo de agregados terrosos producto de alteración de feldespatos potásicos.			Traza	

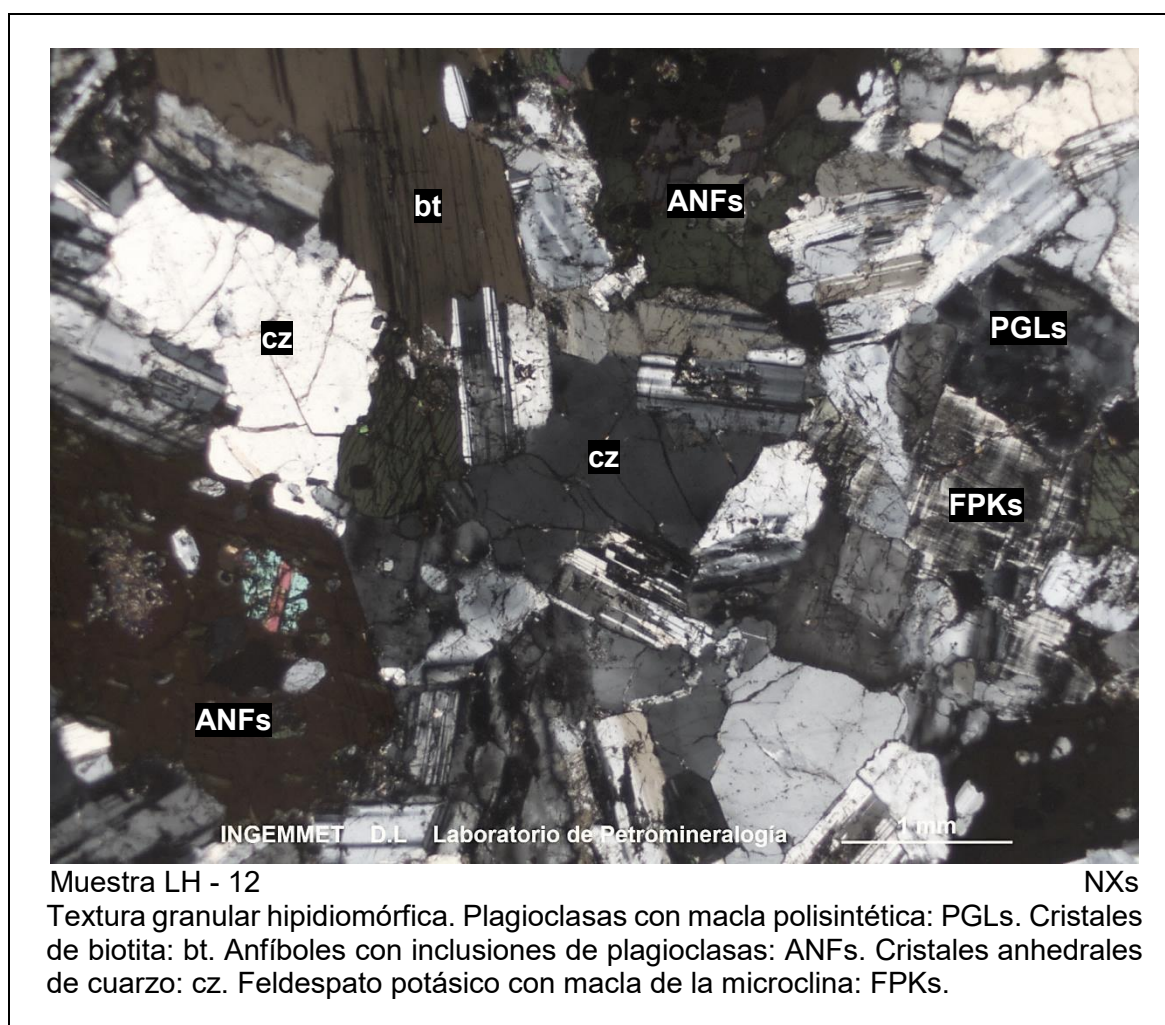
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

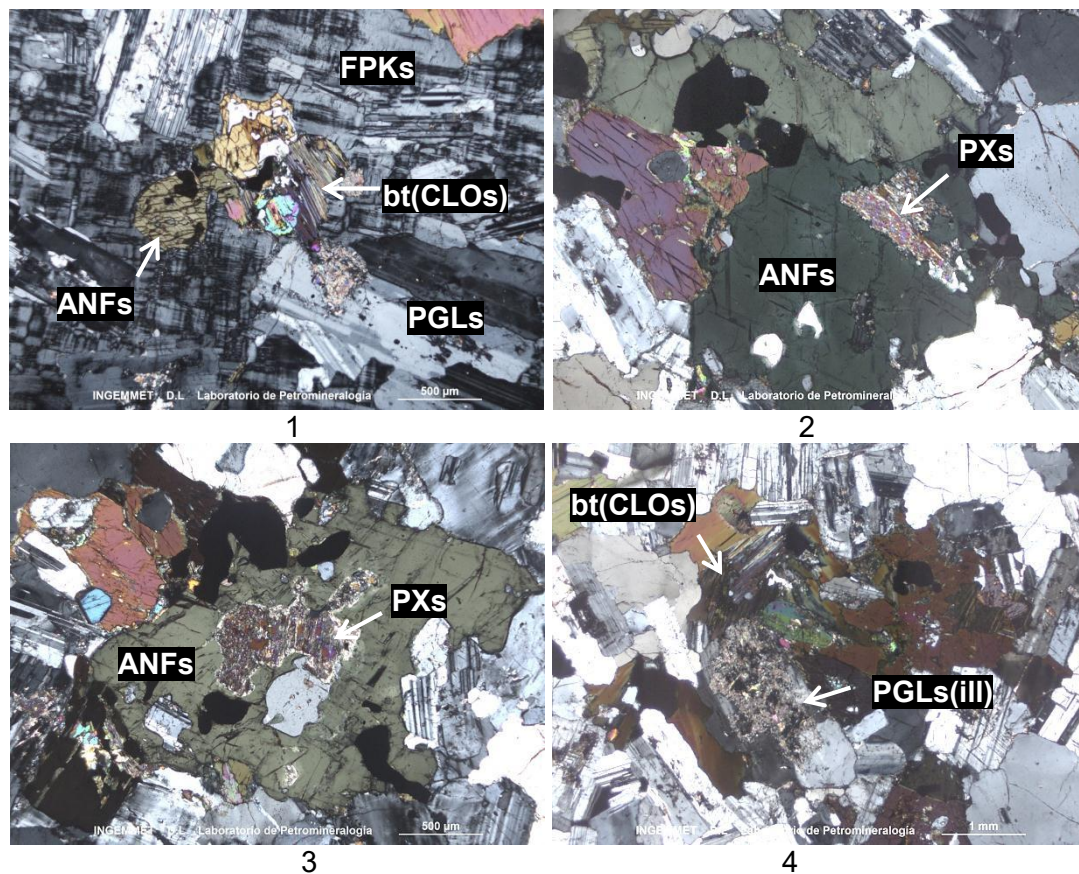
Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Cloritización		X		
Epidotización		X		
Argilización	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:





Fotomicrografías: 1. Cristal de feldespato potásico: FPKs con macla de microclina, englobando anfíboles: ANFs, biotita: bt y plagioclasas: PLGs. 2 - 3. Anfíboles: ANFs intercrecido con piroxenos: PXs. 4. Biotita con alteración a cloritas: bt (CLOs) y plagioclasas con alteración a illita: PGLs(ill).

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 25	31r	8304383	575270	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

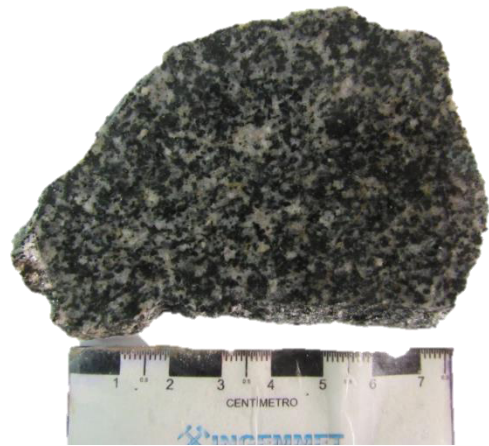
INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro con textura fanerítica de grano fino a medio. Está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva con textura granular hipidiomórfica. Está compuesta por plagioclasas, cuarzo, anfíboles, biotita y cantidades accesorias de feldespatos potásicos, magnetita, apatito, esfena, zircón y epídota I. Presenta minerales secundarios, entre ellos, cloritas, carbonatos y hematita.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

<i>Mineral</i>			Tamaño (mm)	
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran maclados y microfracturados. Por sectores presenta Intercrecimiento simplectítico con cuarzo. Presentan alteración a illita-sericita.	≤ 3.9	46
		Anfíboles , cristales con formas anhedrales. Se encuentran maclados. Presenta inclusiones poiquilíticas de apatito, cuarzo y plagioclasas. Casi siempre junto con biotita formando cúmulos. Están reemplazados por cloritas y carbonatos.	≤ 1.6	25
		Biotita , cristales con formas anhedrales, fibrosos laminares. En muchos casos, se encuentra junto con anfíboles formando cúmulos. Presenta reemplazamiento a cloritas y carbonatos.	≤ 1.9	10
		Cuarzo , cristales con formas anhedrales. Se encuentran microfracturados y presentan extinción ligeramente ondulada. Están ocupando espacios intersticiales.	≤ 1.1	10
	Accesorios	Feldespatos potásicos , se presenta como cristales anhedrales, microfracturados y con macla de microclina. Están ocupando espacios intersticiales y se encuentran ligeramente alterados a arcillas.	≤ 1.6	2
		Magnetita , presenta formas anhedrales. Se encuentran junto con anfíboles y biotita. Además, presenta alteración a hematita mediante planos cristalográficos.	≤ 0.4	2
		Epídota I , cristales con formas subhedrales. Se encuentran incluidos en cristales de biotita.	≤ 0.2	1
		Apatito , cristales con formas subhedrales. Se presentan como inclusiones poiquilíticas en anfíboles.	≤ 0.2	Traza
		Esfena , cristales con formas anhedrales. Se encuentran junto con anfíboles ocupando espacios intersticiales.	≤ 0.3	Traza
		Zircón , cristales con formas euhedrales, prismáticos cortos. Se encuentran dispersos.	≤ 0.05	Traza
	SECUNDARIOS	Cloritas , se presenta a modo de agregados microfibrosos. Producto de alteración de anfíboles y biotita.	≤ 0.2	3
		Carbonatos , ocurre a modo de agregados masivos, están reemplazando feldespatos y ferromagnesianos. Además, se encuentran rellenando fracturas.	-	1
		Epídota II , presenta formas anhedrales. Ocurre como agregados irregulares reemplazando feldespatos.	≤ 0.3	Traza
		Hematita , ocurre como alteración de cristales de magnetita, mediante plano cristalográficos.	-	Traza
		Illita – sericita , ocurren a modo de agregados microfibrosos, producto de alteración de plagioclasas.	≤ 0.05	Traza

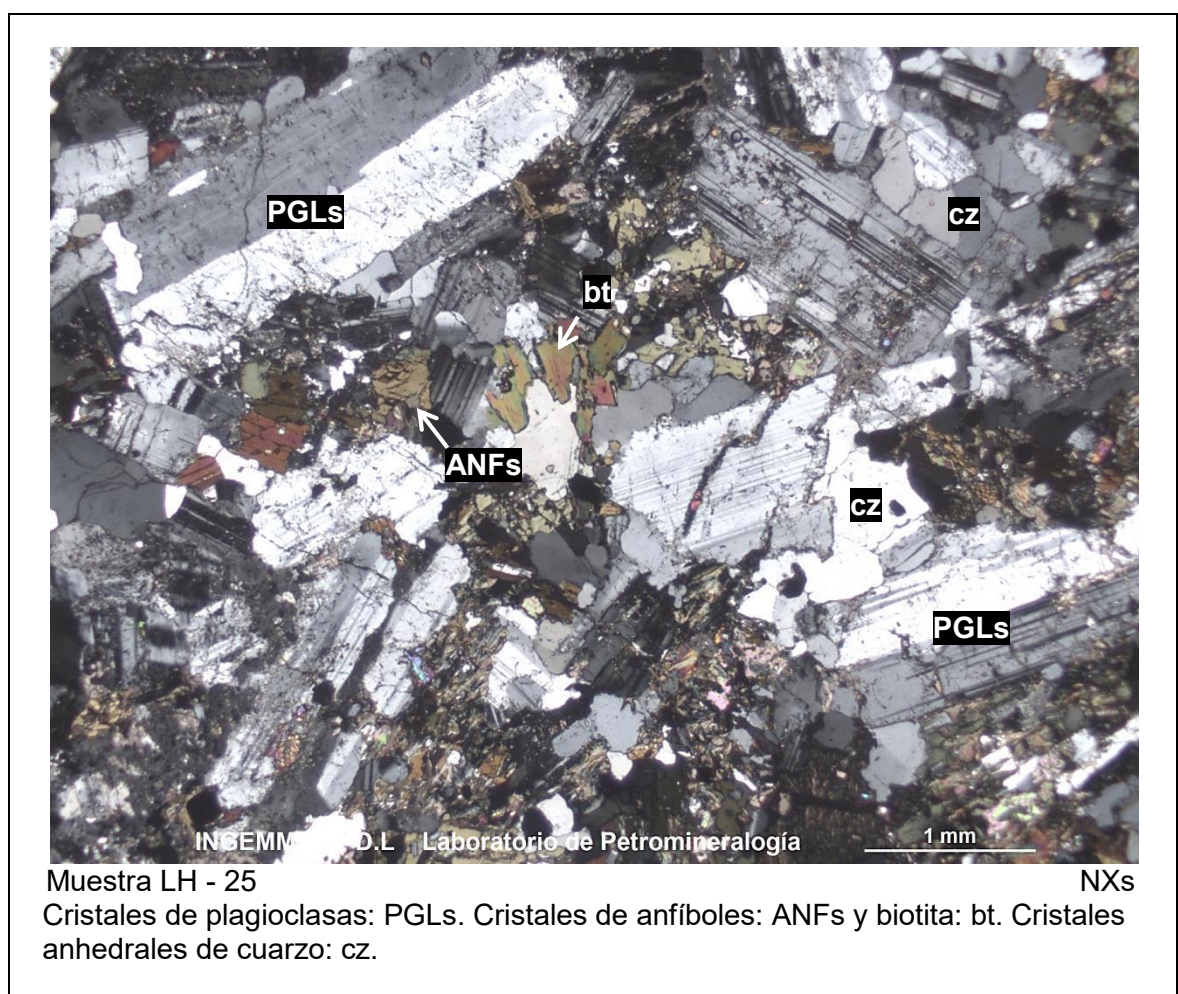
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

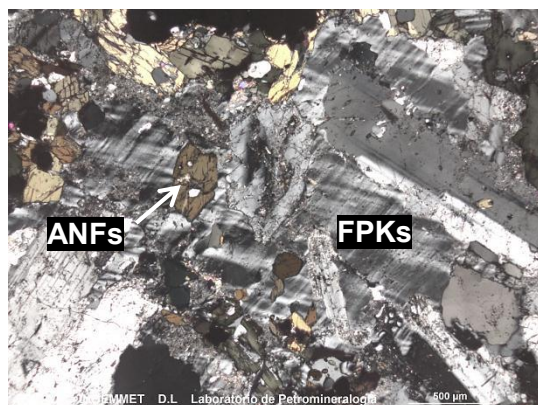
Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

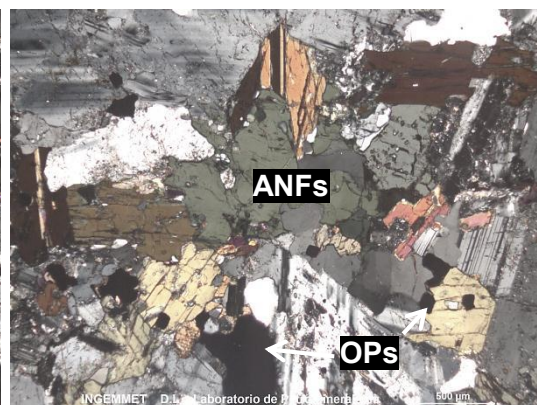
Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Cloritización		X		
Carbonatación		X		
Oxidación	X			
Argilización	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:

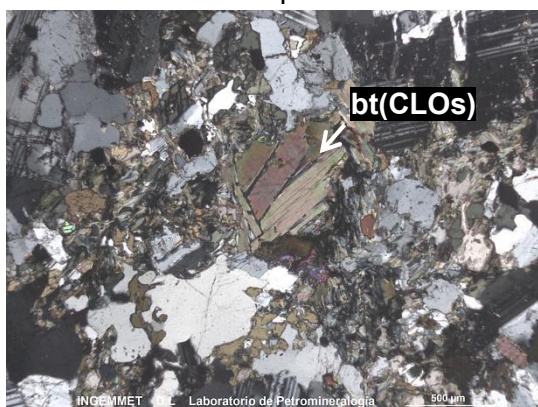




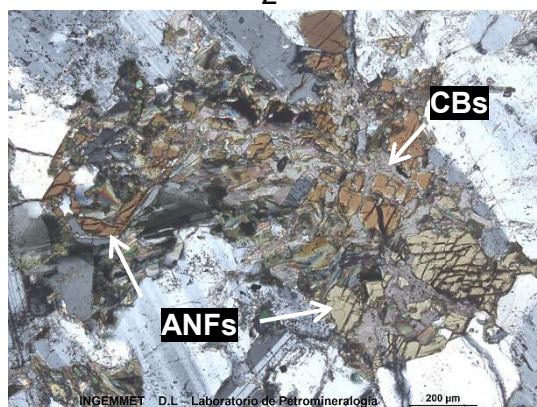
1



2



3



4

Fotomicrografías: 1. Cristal de feldespato potásico con macla de la microclina: FPKs. 2. Cúmulos de anfíboles: ANFs. Los opacos corresponden a magnetita: mt. 3. Cúmulos de biotita con alteración a cloritas: bt (CLOs). 4. Cúmulos de anfíboles: ANFs reemplazados por carbonatos: CBs.

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 26	31r	8304831	576570	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

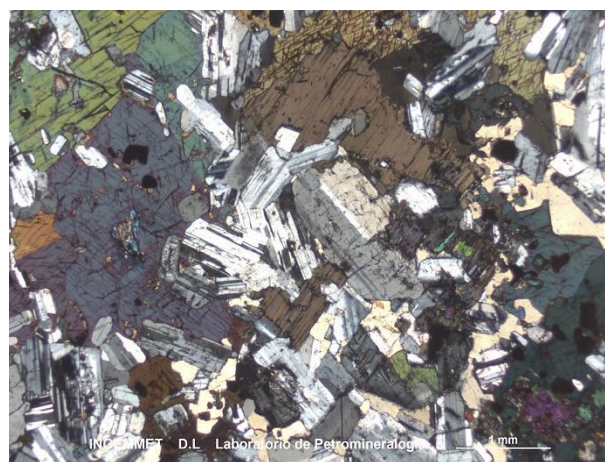
2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva, de color gris medianamente oscuro. Presenta textura fanerítica y está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo moderado.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva con textura granular hipidiomórfica. Está compuesta por cristales de plagioclasas, cuarzo, anfíboles, biotita y cantidades accesorias de magnetita, piroxenos, apatito, zircón y epidota I. Presenta minerales secundarios como: cloritas, illita-sericita, epídota II y hematita.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

<i>Mineral</i>			Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , cristales con formas euhedrales y subhedrales, maclados, microfracturados y alterados a illita-sericita, cloritas y epidota.	≤ 2.6	56
		Anfiboles , cristales con formas anhedrales, subhedrales y maclados. Algunos presentan inclusiones poiquilíticas de plagioclasas, apatito y magnetita.	≤ 3.4	20
		Biotita , cristales con formas anhedrales. Hábito fibroso laminar. Presenta inclusiones de zircón. Se encuentran alterados a cloritas.	≤ 4.8	15
	Accesorios	Cuarzo , cristales con formas anhedrales, presentan extinción ligeramente ondulada y se encuentran ocupando espacios intersticiales.	≤ 1.7	4
		Magnetita , cristales con formas anhedrales. Se encuentran incluidos en anfíboles. Además están reemplazados por hematita por medio de planos cristalográficos.	≤ 0.4	2
		Piroxenos , cristales con formas anhedrales. Están reemplazados por anfíboles, presentándose como relictos (uralitizados).	≤ 1.2	Traza
		Apatito , cristales con formas euhedrales. Hábito prismáticos cortos. Se encuentran como inclusiones poiquilíticas en anfíboles.	≤ 0.1	Traza
		Zircón , cristales con formas euhedrales prismáticos rómbicos. Se encuentran incluidos en biotita.	≤ 0.2	Traza
		Epídota I , ocurre a modo de cristales con formas subhedrales. Se encuentran intercrecidos con biotita.	≤ 0.5	Traza
SECUNDARIOS		Cloritas , ocurre a modo de agregados microfibrosos, se presenta como reemplazamiento de biotita. Además se encuentran como relleno de fracturas.	-	2
		Illita-sericita , ocurre a modo de agregados microfibrosos producto de la alteración de plagioclasas.	$\leq .04$	1
		Epídota II , cristales con formas anhedrales. Se presentan como producto de alteración de plagioclasas y como relleno de fracturas.	≤ 0.3	Traza
		Hematita , ocurre a modo de reemplazamiento de magnetita mediante planos cristalográficos.	-	Traza

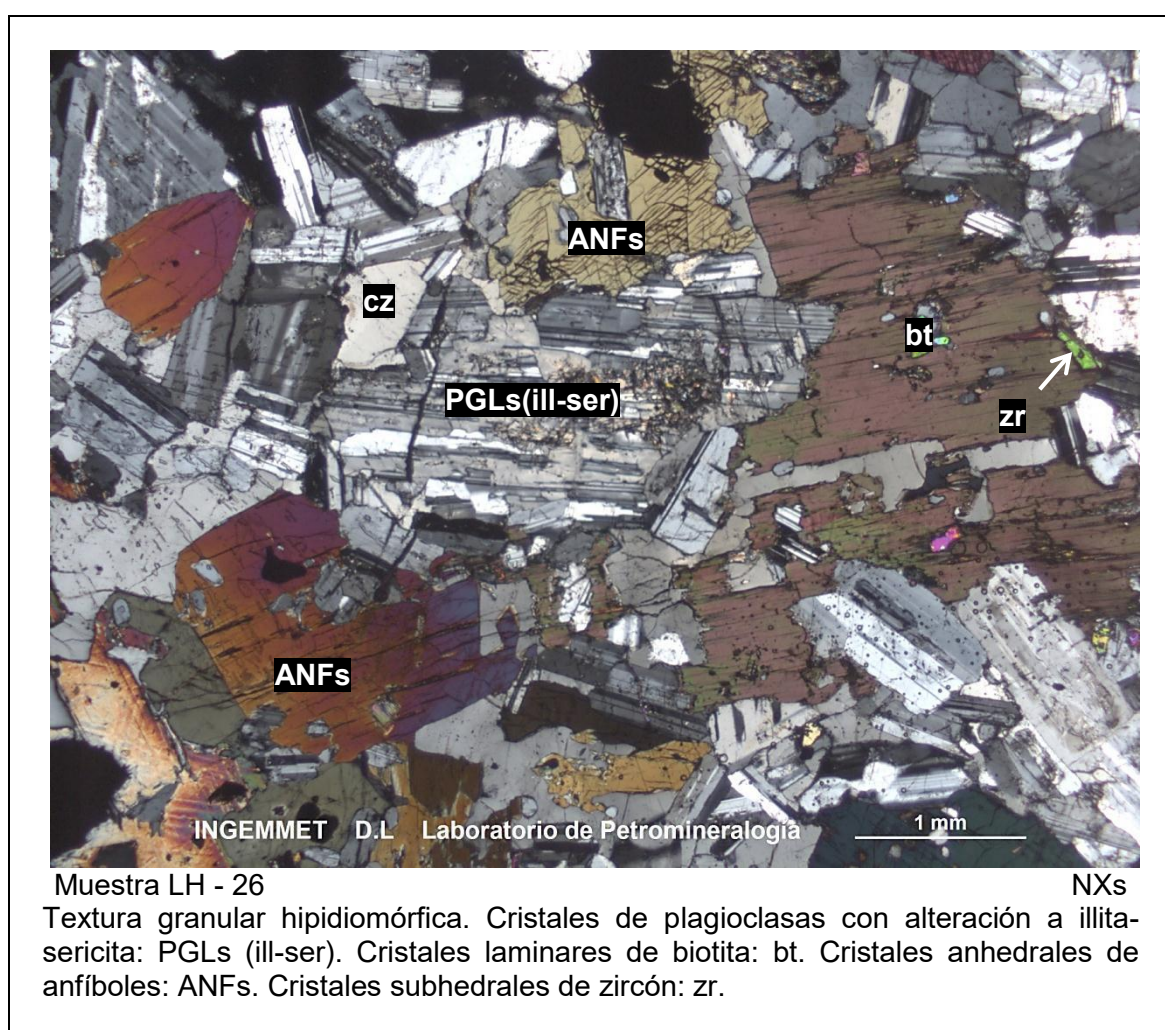
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

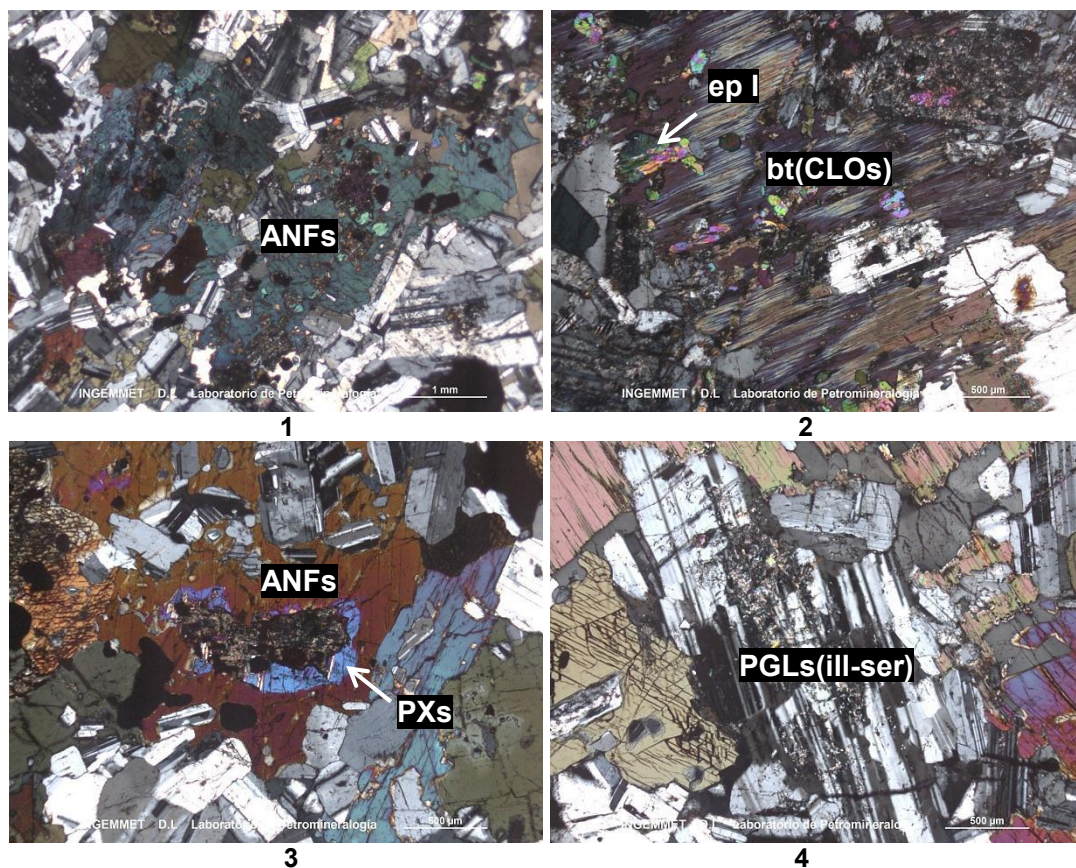
Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

Alteración	Incipiente (Trazas)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Cloritización		X		
Argilización		X		
Epidotización	X			
Oxidación	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:





Fotomicrografías: 1. Cristal de anfíbol con inclusiones poiquilíticas de opacos (magnetita) y plagioclasas. 2. Cristal laminar de biotita con alteración a cloritas: bt(CLOs). Cristales subhedrales de epidota I: ep I. 3. Cristal de piroxeno: PXs reemplazado por anfíbol: ANFs (uralitización). 4. Cristal de plagioclasea con alteración a illita y sericita: PGLs(ill-ser) en zonas céntricas del cristal.

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 28	31r	8301549	577369	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro. Presenta textura fanerítica de grano medio. Está compuesta por plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva con textura granular hipidiomórfica. Está compuesta por cristales de plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles, biotita, magnetita y escasos cristales de apatito y turmalina. Además, presenta minerales secundarios de illita, hematita, arcillas y cloritas.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

Mineral			Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran maclados y algunos presentan zonación, por sectores, muestra textura simplectítica. Presentan alteración a illita y epidota.	≤ 2.7	45
		Anfíboles , se presentan con formas subhedrales y anhedrales. Además, contiene inclusiones de cuarzo, plagioclasas, apatito y magnetita. Algunos se encuentran maclados.	≤ 3.6	26
		Biotita , cristales con formas subhedrales. Fibrosos laminares. Se encuentran ligeramente flexionados, presentan inclusiones de apatito y están débilmente alterados a cloritas.	≤ 2.8	12
		Cuarzo ocurre a modo de cristales con formas anhedrales. Se encuentran microfracturados con extinción ligeramente ondulada. Están ocupando espacios intersticiales.	≤ 3.00	11
	Accesorios	Feldespatos potásicos , cristales con formas anhedrales. Presentan macla de microclina y se encuentran ligeramente alterados a arcillas.	≤ 2.5	3
		Magnetita , cristales con formas anhedrales. Se encuentran a modo de inclusiones en anfíboles y biotita. Presenta alteración a hematita mediante planos cristalográficos.	≤ 0.8	2
		Epídota I , cristales con formas anhedrales y subhedrales. Están intercrecidos con anfíboles y biotita.	≤ 1.3	1
		Apatito , se observa con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran como inclusiones en biotita y anfíboles.	≤ 0.2	Traza
		Turmalina , cristales con formas anhedrales. Se encuentran como relleno de fracturas y reemplazando algunos cristales de anfíboles.	≤ 1.00	Traza
SECUNDARIOS	Hematita , ocurre a modo de reemplazamiento de magnetita mediante planos cristalográficos.	-	Traza	
	Illita , ocurre a modo de agregados microfibrosos, producto de alteración de plagioclasas.	≤ 0.04	Traza	
	Arcillas , ocurre a modo de agregados criptocristalinos terrosos producto de alteración de feldespatos potásicos.	-	Traza	
	Cloritas , se presenta en agregados microfibrosos, producto de alteración a biotita.	-	Traza	
	Turmalina , cristales con formas anhedrales. Se encuentran como relleno de fracturas y reemplazando algunos cristales de anfíboles.		Traza	

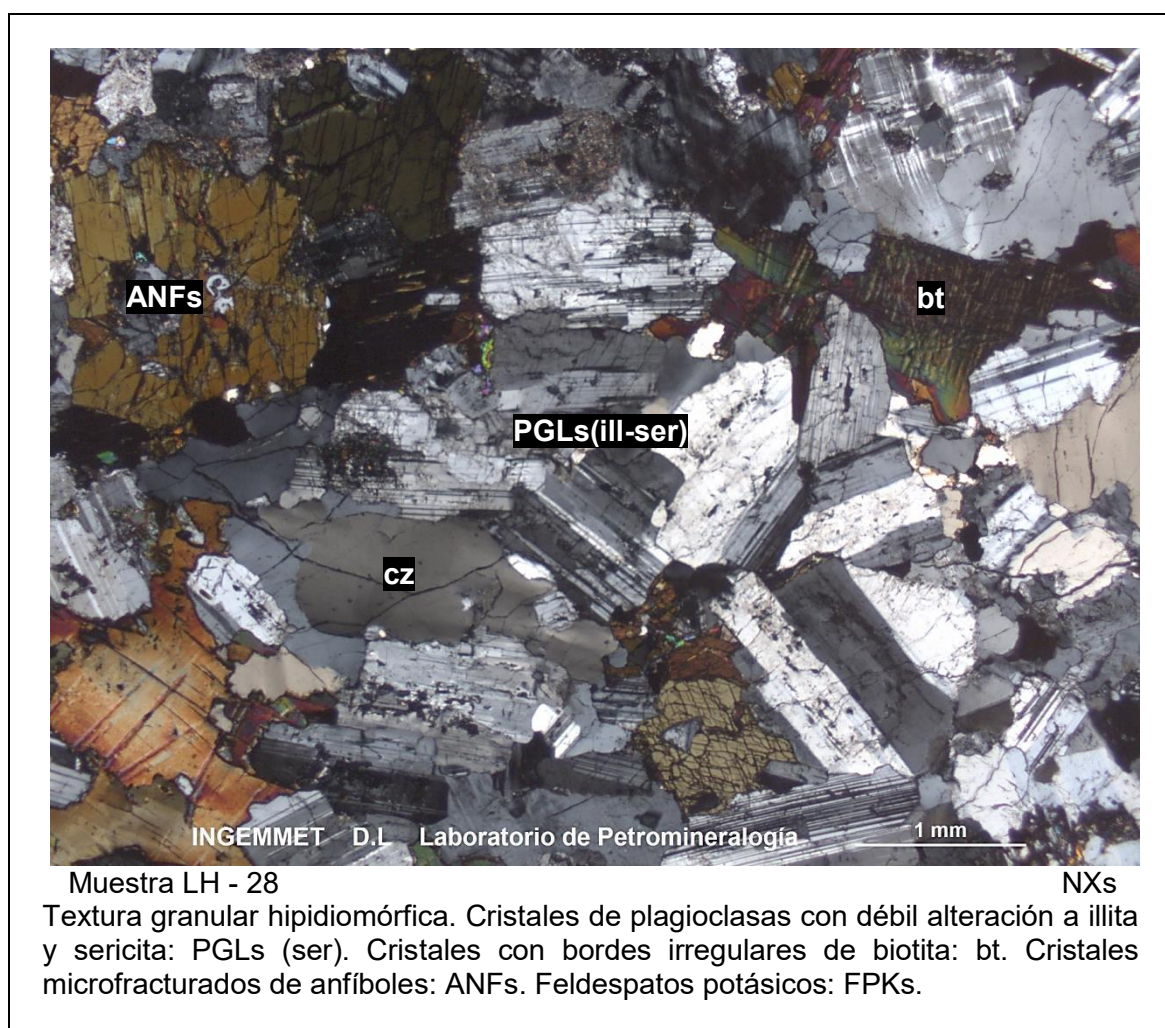
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

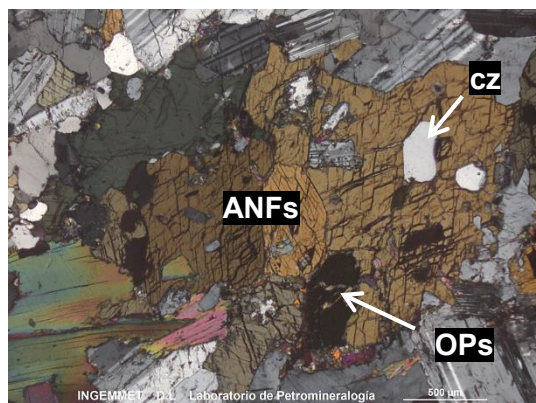
Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Argilización		X		
Oxidación	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:

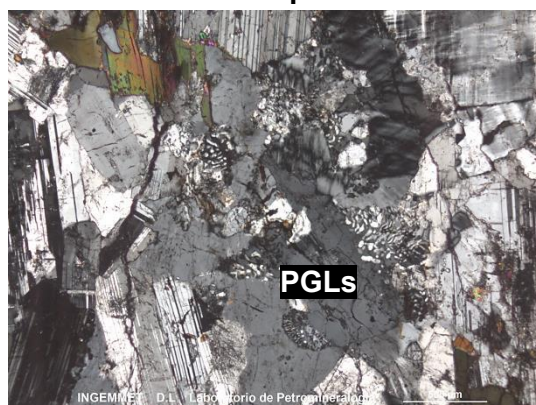




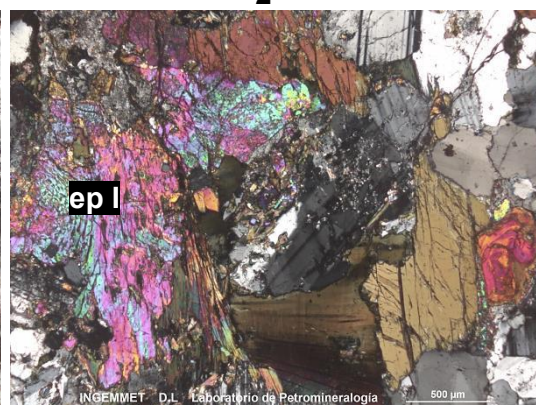
1



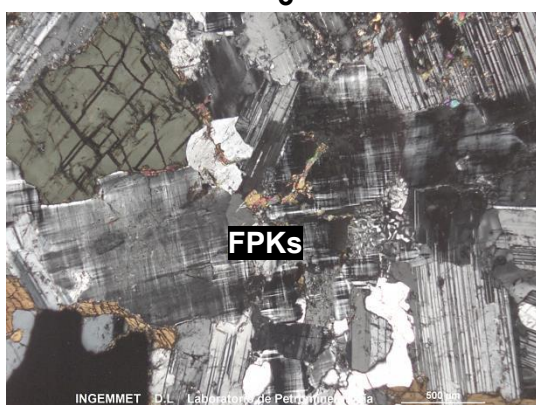
2



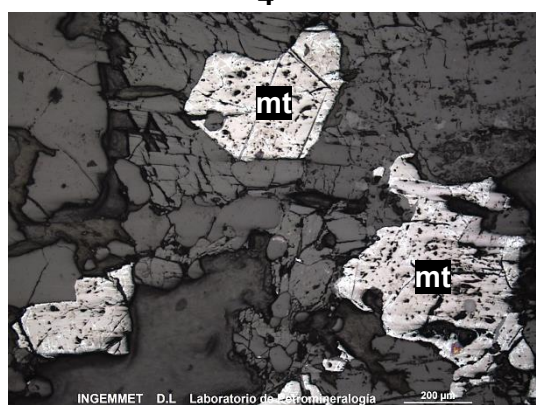
3



4



5



6

Fotomicrografías: 1. Anfíboles con inclusiones de cuarzo: cz y opacos (magnetita): OPs. 2. Agregados laminares de biotita: bt. 3. Cristales de plagioclasas: PGLs con textura simplectítica en los bordes. 4. Cristales de epidota I intercrecido con anfíboles: ANFs y biotita: bt. 5. Feldespatos potásicos con macla de la microclina: FPKs. 6. Cristales de magnetita: mt con ligera alteración a hematita.

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 30	31r	8300883	578190	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

INFORMACIÓN PETROGRÁFICA:

1. CLASIFICACIÓN DE LA ROCA:

CUARZODIORITA

2. DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro con tonalidades verdes. Presenta textura fanerítica de grano medio a grueso y está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media, magnetismo débil y alteración a epídota.



3. DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA:

Roca ígnea, intrusiva con textura granular hipidiomórfica compuesta por plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles, biotita I turmalina y escasos cristales de magnetita, epídota I, y apatito. Asimismo, presenta minerales secundarios como epídota II, epídota III, biotita II, illita, hematita y cloritas.



4. DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA:

<i>Mineral</i>			Tamaño (mm)	%
CRISTALES	Esenciales	Plagioclasas , ocurre a modo de acristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran maclados y microfracturados, en ocasiones, se observa zonación. Por sectores, en contacto con feldespatos potásicos, muestra Intercrecimiento simplectítico. Algunos cristales presentan alteración a illita, cloritas y epídota II.	≤ 2.5	62
		Cuarzo , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran microfracturados, presentando extinción débilmente ondulada. En algunos casos contiene inclusiones de plagioclasas.	≤ 2.9	14
		Anfíboles , cristales con formas anhedrales. Presentan formas irregulares y se encuentran reemplazados por biotita II, mediante fracturas.	≤ 2.5	10
	Accesorios	Biotita I , cristales con formas anhedrales, fibrosos laminares. Presenta inclusiones de apatito, formando textura poiquilíticas. Están alterados a cloritas	≤ 3.0	6
		Turmalina , cristales con formas subhedrales y hábito prismático. Está asociado a epídota I y se encuentran, por sectores, formando cúmulos o agregados. Están reemplazados por cloritas y biotita II.	≤ 1.1	2
		Feldespatos potásicos , cristales con formas anhedrales. Presentan macla de microclina, por sectores muestra Intercrecimiento simplectítico, además está englobando plagioclasas, cuarzo y anfíboles.	≤ 2.6	1
		Epídota I , cristales con formas subhedrales. Se encuentran asociados a turmalina.	≤ 0.5	Traza
		Magnetita , cristales con formas anhedrales. Se encuentran asociados a anfíboles. Asimismo, presenta alteración a hematita mediante planos cristalográficos.	≤ 0.2	Traza
		Apatito , cristales con formas euhedrales y subhedrales. Se encuentran a modo de inclusiones poiquilíticas en turmalina y anfíboles.	≤ 0.1	Traza
	SECUNDARIOS	Biotita II , ocurre a modo de agregados microlaminares, en ocasiones subradiados. Están rellenando fracturas y reemplazando anfíboles.	≤ 0.1	3
		Epídota II , ocurre a modo de agregados irregulares, producto de la alteración de plagioclasas.	≤ 0.1	1
		Epídota III , se muestran como cristales con formas subhedrales. Están rellenando venillas y fracturas de hasta 0.2 mm de espesor.	-	1
		Illita , ocurre a modo de agregados microfibrosos laminares. Están reemplazando plagioclasas.	≤ 0.05	1
		Hematita , se presenta como reemplazamiento de magnetita mediante planos cristalográficos.	-	Traza
		Cloritas , se presenta en agregados microfibrosos y están reemplazando láminas de biotita I.	-	Traza

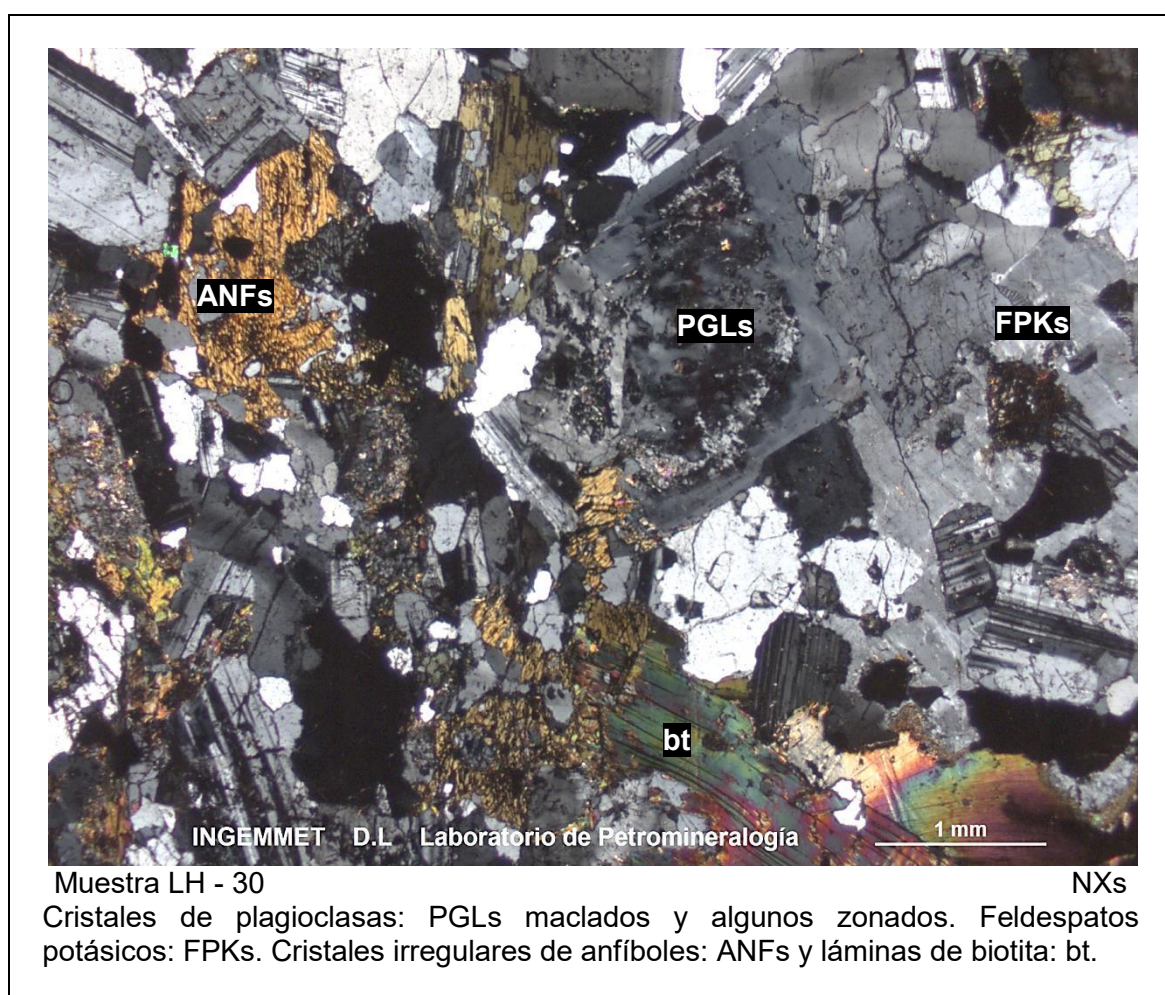
5. TEXTURAS PRINCIPALES:

Granular hipidiomórfica

6. GRADO DE ALTERACIÓN:

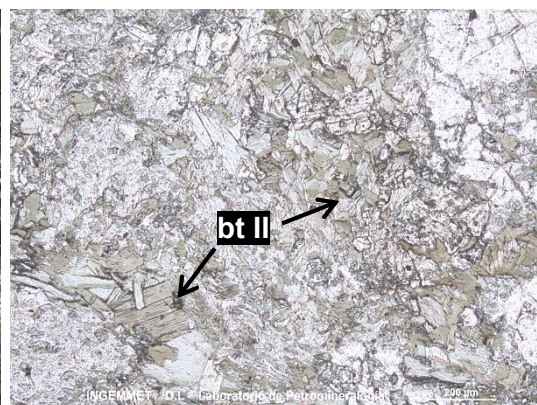
Alteración	Incipiente (Traza)	Débil (1-11%)	Moderada (12-49%)	Intensa (>50%)
Epídotización		X		
Argilización		X		
Cloritización	X			
Oxidación	X			

7. FOTOMICROGRAFÍA/S:

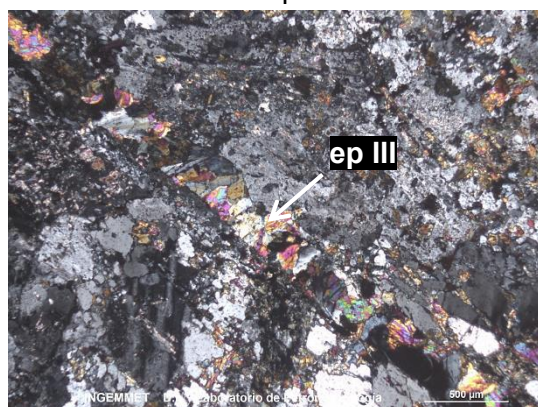




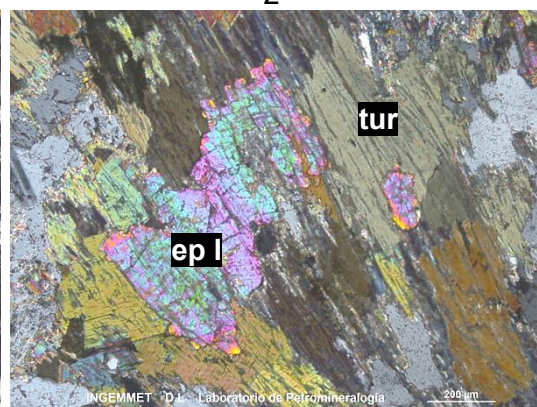
1



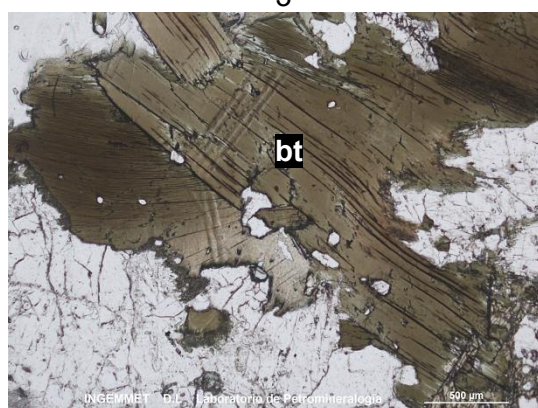
2



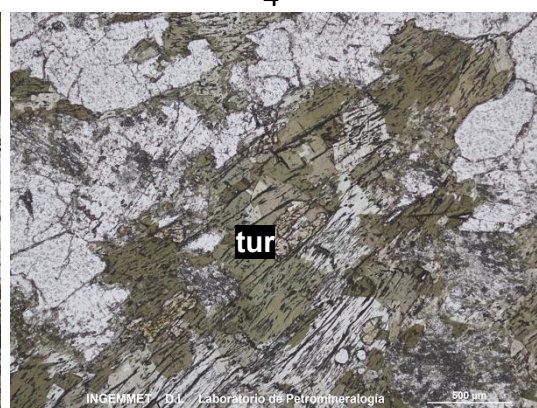
3



4



5



6

Fotomicrografías: 1. Cristal de plagioclasa con alteración a illita: PGLs (ill). 2. Láminas de biotita II: bt II rellenando fracturas. 3. Venilla de epidota III: ep III. 4. Cristales subhedrales de epidota I: ep I junto con turmalina: tur. Nótese la zonación. 5. Láminas de biotita I: bt I con inclusiones de apatito: ap. 6. Agregado de cristales prismáticos de turmalina: tur.

ANEXO B

TINCIÓN DE FELDESPATOS POTÁSICOS

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 6	31r	8303643	576658	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Roca ígnea, compacta de color gris blanquecino con textura fanerítica de grano medio a grueso. Está compuesto por cristales de plagioclasas, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo.



2. PORCENTAJE

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	1%

DATOS GENERALES:

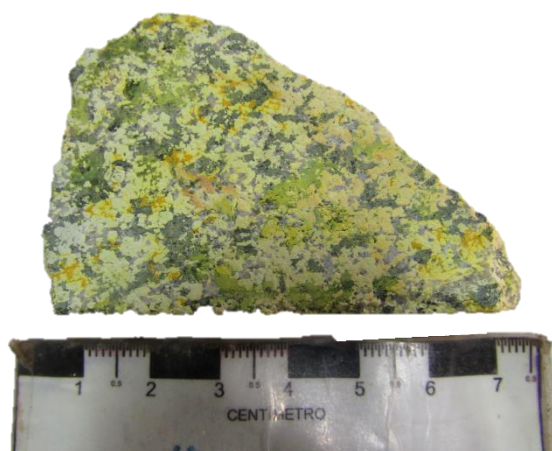
Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 7	31r	8304019	577211	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:**1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Roca ígnea, intrusiva de color gris blanquecino con textura fanerítica de grano medio. Está compuesta por plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo.

**2. PORCENTAJE**

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	3%

DATOS GENERALES:

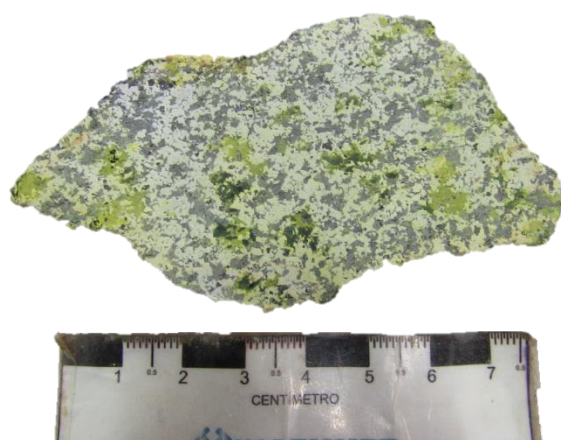
Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 10	31r	8303271	576868	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:**1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro. Presenta textura fanerítica de grano medio a grueso. Está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y posee magnetismo débil

**2. PORCENTAJE**

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	<1%

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 12	31r	8302627	577036	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:**1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

. Roca ígnea, intrusiva de color gris blanquecino. Presenta textura fanerítica de grano medio. Está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y magnetismo moderado.

**2. PORCENTAJE**

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	3%

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 25	31r	8304383	575270	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro con textura fanerítica de grano fino a medio. Está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo



2. PORCENTAJE

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	1%

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Unidad
		Norte	Este	Zona	
LH - 26	31r	8304831	576570	18	San Luis

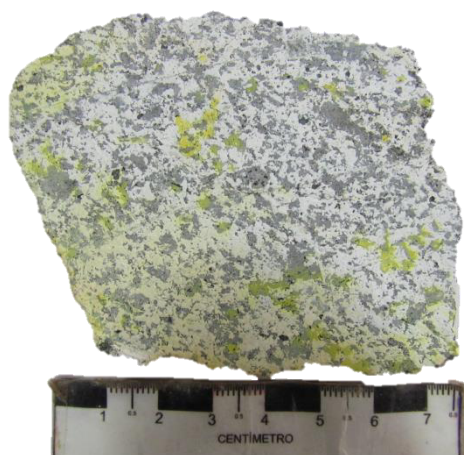
RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Roca ígnea, intrusiva, de color gris medianamente oscuro. Presenta textura fanerítica y está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo moderado.



2. PORCENTAJE

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	<1%

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
LH - 28	31r	8301549	577369	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:**1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro. Presenta textura fanerítica de grano medio. Está compuesta por plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles y biotita. Presenta densidad media y moderado magnetismo

**2. PORCENTAJE**

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	4%

DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	Sistema de Coordenadas			Localidad y/o Paraje
		Norte	Este	Zona	
LH - 30	31r	8300883	578190	18	San Luis

RESPONSABLE DEL ESTUDIO

Juan Carlos Lazo Huaruco

TINCIÓN:**1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Roca ígnea, intrusiva de color gris medianamente oscuro con tonalidades verdes. Presenta textura fanerítica de grano medio a grueso y está compuesta por feldespatos, cuarzo, anfíboles y biotita. Presenta densidad media, magnetismo débil y alteración a epidota

**2. PORCENTAJE**

MINERAL	PORCENTAJE <i>RELATIVO</i>
Feldespatos potásicos	<1%

ANEXO C

RESULTADOS DE ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

TIPO DE MUESTRA	Polvo (malla <400)		
ROTACIÓN DE LA MUESTRA	Si	VELOCIDAD (rpm)	5
TIPO DE ÁNODO	Cu		
DIFRACTOMETRO MARCA	SHIMADZU	MODELO	XRD-7000
VOLTAJE	40 Kv	CORRIENTE	30 mA

RANGO DE BARRIDO (2θ)			
DE	3°	HASTA	70°

01	CODIGO DE MUESTRA	LH - 6	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	36.30
02	Cuarzo	SiO ₂	27.04
03	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	19.08
04	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	10.98
05	Clorita	(Mg , Fe , Al) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈	3.27
06	Hedembergita	Ca Fe +2 Si ₂ O ₆	2.08
07	Pentahidrita	Mg S O ₄ · 5 H ₂ O	0.65
08	Calcita	CaCO ₃	0.60

02	CODIGO DE MUESTRA	LH - 7	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	36.69
02	Cuarzo	SiO ₂	29.28
03	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	17.08
04	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	9.90
05	Microclina	KAlSi ₃ OH	3.21
06	Pentlandita	(Fe , Ni) ₉ S ₈	1.94
07	Epidota	Ca ₂ Al ₂ Fe (Si O ₄) (Si ₂ O ₇) (O , O H) ₂	1.08
08	Clorita	(Mg , Fe , Al) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈	0.82

03	CODIGO DE MUESTRA	LH - 10	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	37.37
02	Cuarzo	SiO ₂	27.06
03	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	18.82
04	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	11.57
05	Clorita	(Mg , Fe , Al) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈	2.35
06	Hedembergita	Ca Fe +2 Si ₂ O ₆	1.91
07	Ankerita	Ca (Fe +2 , Mg) (C O ₃) ₂	0.92

04	CODIGO DE MUESTRA	LH - 12	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	29.81
02	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	27.31
03	Cuarzo	SiO ₂	25.82
04	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	9.55
05	Microclina	KAlSi ₃ OH	4.83
06	Johachidolita	Ca Al B ₃ O ₇	1.60
07	Clorita	(Mg , Fe , Al) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈	1.08

05	CODIGO DE MUESTRA	LH - 25	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	41.43
02	Cuarzo	SiO ₂	31.27
03	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	8.55
04	Calcita	CaCO ₃	6.94
05	Clorita	(Mg , Al , Fe) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈	4.68
06	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	2.98
07	Pentlandita	(Fe , Ni) ₉ S ₈	1.56
08	Heazlewoodite	Ni ₃ S ₂	1.31
09	Portlandita	Ca(OH) ₂	1.28

06	CODIGO DE MUESTRA	LH - 26	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	46.03
02	Cuarzo	SiO ₂	20.70
03	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	15.43
04	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	7.05
05	Clorita	(Mg , Al , Fe) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈	4.83
06	Johannsenite	Ca Mn +2 Si ₂ O ₆	2.98
07	Magnesita	MgCO ₃	1.97
08	Pentahidrita	Mg S O ₄ · 5 H ₂ O	1.01

07	CODIGO DE MUESTRA	LH - 28	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	37.72
02	Cuarzo	SiO ₂	27.71
03	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	14.34
04	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	12.94
05	Microclina	KAlSi ₃ OH	7.29

08	CODIGO DE MUESTRA	LH - 30	
Nº	MINERAL	FÓRMULA	%
01	Cuarzo	SiO ₂	37.88
02	Andesina	0.62 Na Al Si ₂ O ₈ · 0.38 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	28.35
03	Flogopita	K Mg ₃ B Si ₃ O ₁₀ (O H) ₂	18.60
04	Clorita	(Mg , Fe , Al) ₆ (Si , Al) ₄ O ₁₀ (O H) ₈	7.78
05	Horblenda	Ca ₂ (Mg , Fe) ₅ (Si , Al) ₈ O ₂₂ (O H) ₂	4.96
06	Ankerita	Ca (Fe +2 , Mg) (C O ₃) ₂	2.43